Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa - Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Autoras

Leidy Alexandra Castro Manquillo

Nicoll Espinosa Blanco

Tutora

Ileana Romea Cárdenas Manosalva

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Administración Ambiental

Bogotá, Colombia

Noviembre de 2025

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa - Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Autoras

Leidy Alexandra Castro Manquillo

Nicoll Espinosa Blanco

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de administradoras ambientales

Tutora

Ileana Romea Cárdenas Manosalva

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Administración Ambiental

Bogotá, Colombia

Noviembre de 2025

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a la fuerza espiritual que nos acompañó durante todo este proceso, por brindarnos la perseverancia y claridad necesaria para afrontar los retos académicos y culminar satisfactoriamente este trabajo.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional a lo largo de nuestra formación académica. Gracias por la comprensión, el acompañamiento constante y la motivación brindada en cada etapa de este proceso, especialmente en los momentos de mayor exigencia. Su respaldo fue fundamental para la culminación de este trabajo de grado y para alcanzar este logro académico.

Al semillero de investigación INNBIO, por brindarnos el espacio, el acompañamiento académico y las herramientas necesarias para el desarrollo de nuestro trabajo de grado, así como por fomentar el interés por la investigación científica y el fortalecimiento de nuestras capacidades investigativas.

Agradecemos especialmente a la profesora Ileana Romea Cárdenas Manosalva, por su guía, su orientación y compañía permanente desde el inicio del proyecto, así como por sus palabras de motivación y sus valiosos aportes académicos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo adecuado y la consolidación de esta investigación.

Al personal de apoyo del laboratorio de Microbiología Alejandra Canal Roa y César Romero Bohórquez y del laboratorio de Biología Henry Santiago Morales, cuyo apoyo técnico, disposición y colaboración fueron esenciales para el desarrollo y avance de las actividades experimentales.

Finalmente, agradecemos a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por facilitar el entorno académico y científico que hizo posible la realización de este proyecto, contribuyendo de manera significativa a nuestra formación profesional y académica.

CONTENIDO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16
1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA 16
2. OBJETIVOS 18
2.1 OBJETIVO GENERAL 18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18
3. ANTECEDENTES – MARCO TEÓRICO 19
3.1 ANTECEDENTES 19
3.1.1 A nivel Internacional 19
3.1.2 A nivel Colombia 22
4. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS 24
4.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS 30
4.1.1 Sistema de codificación de las muestras 36
4.1.2 Puntos de muestreo Laboratorio de Microbiología 53
4.1.3 Puntos de muestreo Laboratorio de Biología 56
4.1.4 Puntos de muestreo Laboratorio de Química General 58
4.2 CONTROL DE CALIDAD MICROBIÓLOGICA 60

4.2.1 Prueba de calidad de los medios de cultivo 61

4.2.2 Control de ambientes 61

4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO 62

4.3.1 Recuento en placa 62

4.3.2 Caracterización macroscópica y microscópica 62

4.3.3 Siembra en medios selectivos y diferenciales 66

4.3.4 Pruebas bioquímicas 70

4.4 ENCUESTAS APLICADAS 74

4.4.1 Muestra estadística 75

5. DESCRIPCIÓN DE CADA RESULTADO EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PROPUESTOS 79

5.1 RESULTADO EN RELACIÓN CON EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO: DIAGNÓSTICO DE LOS LABORATORIOS 80

5.1.1 Recuento de colonias recuperadas 80

5.1.2 Relación entre los factores del entorno del laboratorio con las bacterias recuperadas durante los muestreos 95

5.1.3 Caracterización macroscópica de colonias bacterianas 98

5.1.4 Caracterización microscópica de colonias bacterianas 113

5.1.5 Caracterización macroscópica de hongos y levaduras 138

5.1.6 Características macroscópicas de Aislados Fúngicos 146

5.1.7 Caracterización microscópica de hongos 150

5.1.8 Caracterización macroscópica y microscópica de aislamiento de levaduras 155

5.1.9 Contaminantes 158

5.1.10 Resultados en medios selectivos y diferenciales de contaminantes 165

5.1.11 Resultados de pruebas bioquímicas contaminantes 168

5.1.12 Resultados en medios selectivos y diferenciales de bacterias 170

5.1.13 Resultados de pruebas bioquímicas 174

5.2 RESULTADO EN RELACIÓN CON EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO: IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO 180

5.2.1 Identificación de factores de riesgo mediante la matriz de identificación y valoración de riesgos 180

5.2.2 Percepción de riesgo de acuerdo con la encuesta aplicada a usuarios 188

5.3 RESULTADO EN RELACIÓN CON EL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO: ESTRATEGIAS AMBIENTALES 188

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN FUNCIÓN DEL PROBLEMA PROPUESTO 192

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MUESTREO AMBIENTAL 192

6.1.1 Análisis de resultados bacterianos 206

6.1.2 Análisis de resultados fúngicos y levaduriformes 210

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENCUESTA A USUARIOS 214

6.3 IMPLICACIONES A LA SALUD Y ENFERMEDADES ASOCIADAS 263

6.4 DISCUSIÓN 275

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 277

7.1 CONCLUSIONES 277

7.2 RECOMENDACIONES 280

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 283

9. ANEXOS 301

9.1 ANEXO A. ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE LA CARGA MICROBIANA DE LABORATORIOS 301

9.2 ANEXO B. RESULTADOS DE PRUEBAS BIOQUIMICAS Y MEDIOS SELECTIVOS EN BACTERIAS Y CONTAMINANTES AISLADOS 301

9.3 ANEXO C. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS MICROBIOLÓGICOS 301

9.4 ANEXO D. TABULACIÓN DE ENCUESTA 301

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Metodología por etapa 25
Tabla 2 Número de muestras por laboratorio 30
Tabla 3 Registro de toma de muestras con usuarios para barrido en los laboratorios 33
Tabla 4 Registro de toma de muestras sin usuarios en los laboratorios 34
Tabla 5 Codificación de las muestras 37
Tabla 6 Puntos de muestreo del laboratorio de Microbiología 55
Tabla 7 Puntos de muestreo del laboratorio de Biología 58
Tabla 8 Puntos de muestreo del laboratorio de Química General 60
Tabla 9 Medios selectivos y diferenciales utilizados para la identificación presuntiva 67
Tabla 10 Pruebas bioquímicas utilizadas para la identificación presuntiva 71
Tabla 11 Datos poblacionales 75
Tabla 12 Resultados del barrido inicial del Laboratorio de Microbiología con usuarios 83
Tabla 13 Resultados del barrido por triplicado del Laboratorio de Microbiología con usuarios 84
Tabla 14 Resultados del muestreo por triplicado del Laboratorio de Microbiología sin usuarios 85
Tabla 15 Resultados del barrido inicial en los mesones del Laboratorio de Biología con usuarios 86
Tabla 16 Resultados del barrido inicial de las áreas auxiliares del Laboratorio de Biología con usuarios .. 87
Tabla 17 Resultados del barrido por triplicado en los mesones del Laboratorio de Biología con usuarios .. 88
Tabla 18 Resultados del barrido por triplicado en las áreas auxiliares del Laboratorio de Biología con usuarios 89
Tabla 19 Resultados del muestreo por triplicado del Laboratorio de Biología sin usuarios 90
Tabla 20 Resultados del barrido inicial en los mesones del Laboratorio de Química General con usuarios 91
Tabla 21 Resultados del barrido inicial en las áreas auxiliares del Laboratorio de Química General con usuarios 92
Tabla 22 Resultados del barrido por triplicado en los mesones del Laboratorio de Química General con usuarios 93
Tabla 23 Resultados del barrido por triplicado en las áreas auxiliares del Laboratorio de Química General con usuarios 94

Tabla 24 Resultados del muestreo por del Laboratorio de Química General sin usuarios 95
Tabla 25 Datos de prácticas realizadas en laboratorios 96
Tabla 26 Características macroscópicas de las colonias identificadas 99
Tabla 27 Observaciones microscópicas de tinciones de Gram 114
Tabla 28 Resultados macroscópicos aislación fúngica 139
Tabla 29 Características macroscópicas del aislamiento fúngico 147
Tabla 30 Observaciones microscópicas a 40X de los aislados Fúngicos 151
Tabla 31 Caracterización Macroscópica y Microscópica de aislamiento de levaduras 156
Tabla 32 Características macroscópicas de levaduras 158
Tabla 33 Aislamiento de los contaminantes de lado anverso y reverso 160
Tabla 34 Microscopia de Tinciones en contaminantes 162
Tabla 35 Resultados de Tinción de Gram y verde Malaquita en contaminantes 164
Tabla 36 Abreviaturas y su significado de medios selectivos y diferenciales 166
Tabla 37 Resultados en medios selectivos y diferenciales de contaminantes 167
Tabla 38 Resultados de identificación de bioquímicas de los contaminantes 169
Tabla 39 Resultados de identificación medios selectivos y diferenciales 171
Tabla 40 Abreviaturas y su significado de los resultados de Medios selectivos y diferenciales 173
Tabla 41 Nomenclatura de los resultados de pruebas bioquímicas 174
Tabla 42 Resultados de identificación de bioquímicas 177
Tabla 43 Identificación de riesgos microbiológicos en el laboratorio de Microbiología 181
Tabla 44 Identificación de riesgos microbiológicos en el laboratorio de Biología 183
Tabla 45 Identificación de riesgos microbiológicos en el laboratorio de Química General 185
Tabla 46 Identificación de riesgos microbiológicos generales en todos los laboratorios 186
Tabla 47 Conteo de colonias mesófilas recuperadas en SPC por laboratorio 193
Tabla 48 Conteo de hongos y levaduras recuperados en PDA por laboratorio 194
Tabla 49 Microorganismos recuperados según morfología y afinidad tintorial 208
Tabla 50 Presuntos géneros bacterianos según la morfología microscópica 209
Tabla 51 Identificación de los factores de riesgo a partir de los resultados microbiológicos 213
Tabla 52 Horarios en los que asisten los encuestados a los laboratorios 224
Tabla 53 Respuestas sobre otros implementos de protección personal que usan los usuarios 229
Tabla 54 Otros síntomas asociados al uso de los laboratorios 248

Tabla 55 Situación asociada a los síntomas presentados debido al uso de los laboratorios..... 249

Tabla 56 Actividad que realizaban los encuestados cuando presentaron los problemas en la salud..... 254

Tabla 57 Situación sobre enfermedades o afectaciones a la salud debido al uso de los laboratorios..... 258

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de la metodología por etapa 29
Figura 2 Delimitación de los puntos de muestreo 35
Figura 3 Plano de ubicación de los puntos de muestreo en el laboratorio de microbiología 54
Figura 4 Plano de ubicación de los puntos de muestreo en el laboratorio de biología 57
Figura 5 Plano de ubicación de los puntos de muestreo en el laboratorio de química general 59
Figura 6 Etapas de la tinción de Gram 64
Figura 7 Etapas Tinción de azul de lactofenol 66
Figura 8 Caja de Petri en contador de colonias 81
Figura 9 Isla 1 laboratorio de Microbiología 196
Figura 10 Mesón A de la Isla 1 del laboratorio de Microbiología 197
Figura 11 Punto de muestreo en la oficina del laboratorio de Microbiología 198
Figura 12 Punto de muestreo en el área de descarte del laboratorio de Microbiología 198
Figura 13 Islas 1 y 2 del laboratorio de Biología 199
Figura 14 Punto I3-A del laboratorio de Biología 200
Figura 15 Oficina del Laboratorio de Biología 201
Figura 16 Parte superior de la nevera del Laboratorio de Biología 202
Figura 17 Ventana ubicada en la parte de atrás de la nevera del Laboratorio de Biología 203
Figura 18 Punto I3-MA del Laboratorio de Química General 204
Figura 19 Punto I1-MA del Laboratorio de Química General 205
Figura 20 Punto M-FON del Laboratorio de Química General 206
Figura 21 Edad de los encuestados 215
Figura 22 Género de los encuestados 216
Figura 23 Cargo de los encuestados dentro de la universidad 217
Figura 24 Proyecto académico de los usuarios estudiantes encuestados 219
Figura 25 Encuestados que han ingresado a los laboratorios objeto de estudio 220
Figura 26 Laboratorios a los que han ingresado los encuestados 222
Figura 27 Encuestados que están cursando actividades o desempeñando labores en los laboratorios 223

Figura 28 Frecuencia con que los encuestados utilizan los implementos de protección personal 227
Figura 29 Implementos de protección personal que utilizan los encuestados en los laboratorios 228
Figura 30 Encuestados que han recibido capacitación 230
Figura 31 Fuente de la capacitación 231
Figura 32 Calificación de la capacitación 232
Figura 33 Conocimiento de los encuestados sobre las normas de seguridad de los laboratorios 234
Figura 34 Frecuencia de cumplimiento de las normas de seguridad de los laboratorios 235
Figura 35 Conocimiento de los encuestados sobre los riesgos biológicos de los laboratorios 236
Figura 36 Nivel de acuerdo de los encuestados sobre condiciones ambientales seguras de los laboratorios 238
Figura 37 Nivel de acuerdo de los encuestados sobre el cumplimiento de las medidas de bioseguridad 239
Figura 38 Nivel de acuerdo de los encuestados sobre sentirse seguros en el laboratorio 240
Figura 39 Nivel de acuerdo de los encuestados sobre que la universidad se preocupa por la salud de los usuarios 241
Figura 40 Nivel de acuerdo de los encuestados sobre la ventilación óptima de los laboratorios 243
Figura 41 Nivel de satisfacción de los encuestados con la limpieza y desinfección de los laboratorios 244
Figura 42 Percepción de los encuestados sobre olores inusuales o molestos en los laboratorios 246
Figura 43 Síntomas de los encuestados asociados con el uso de laboratorios 247
Figura 44 Afecciones de la salud de los encuestados relacionadas con el uso de los laboratorios 253
Figura 45 Encuestados ausentados debido a los problemas de salud relacionados con el uso de los laboratorios 256
Figura 46 Encuestados que conocen sobre casos de enfermedad o afectación a la salud asociado al uso de los laboratorios 257
Figura 47 Conocimiento de los encuestados sobre a quién dirigirse en caso de emergencia o al presentar problemas de salud en el laboratorio 260
Figura 48 Encuestados que padecen enfermedades respiratorias crónicas 261
Figura 49 Cambios en la salud respiratoria de encuestados con enfermedades relacionadas 262
Figura 50 Recomendaciones asociadas con las estrategias 283

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El interés de analizar la calidad del ambiente de los laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa - Ciudadela el Porvenir, surge como un tema importante de gran relevancia dado el impacto que puede tener en la salud de docentes, estudiantes y personal administrativo que frecuentan estos espacios. Particularmente, los laboratorios destinados a la microbiología son espacios donde existe un alto riesgo de exposición a microorganismos patógenos, como *Escherichia coli, Staphylococcus aureus*, aerobios mesófilos, mohos y levaduras, debido a la naturaleza de los trabajos que allí se desarrollan, por lo que estos agentes biológicos pueden estar presentes tanto en el aire como en las superficies de trabajo y su ingreso puede ocurrir por diversas vías, como la manipulación de muestras contaminadas, el uso de superficies no desinfectadas, o incluso por el ingreso y salida de personas en estos espacios, lo que resalta la necesidad de determinar la carga microbiana presente en el ambiente, con el fin de mantener un control estricto de la calidad del ambiente, de las condiciones sanitarias de estos espacios y plantear medidas preventivas adecuadas (Bottale et al., 2015).

Teniendo en cuenta la importancia de garantizar un ambiente controlado en los laboratorios, no solo para la seguridad de quienes se relacionan con estos espacios, sino también para asegurar la calidad de los resultados experimentales se determina que esta investigación es necesaria, debido a que los controles ineficientes de calidad del ambiente pueden llegar a comprometer la bioseguridad de los usuarios y la integridad de los procesos científicos llevados a cabo, aumentando el riesgo de contaminación cruzada y la propagación de infecciones (Richmond & McKinney, 2002).

Así mismo, estudios anteriores, como Romero et al. (2016), han demostrado la importancia de analizar la carga microbiana en los laboratorios universitarios y que, aunque no siempre se determine un riesgo inmediato para la salud, la acumulación de cargas bacterianas puede tener implicaciones a largo plazo. De manera similar Quishpe (2021) destacó la importancia de evaluar la calidad microbiológica del aire en los laboratorios para identificar posibles problemas y formular medidas correctivas.

En este contexto, se expone la necesidad de investigar de forma rigurosa la carga microbiana presente en los ambientes de los laboratorios de la Sede Bosa - Ciudadela el Porvenir con el fin de determinar los niveles de contaminación microbiana y proponer medidas preventivas y correctivas para garantizar la seguridad y salud de los usuarios. De esta forma, se busca responder a las preguntas: ¿Cuál es la carga microbiana presente en el ambiente de los laboratorios?, ¿Cuál es el nivel de riesgo microbiológico para la salud de los usuarios de los laboratorios? y ¿Qué medidas pueden implementarse para controlar y disminuir la contaminación microbiana presente?

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de la importancia de los laboratorios de Biología, Microbiología y Química General de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa - Ciudadela el Porvenir, en la formación académica y la investigación científica, se ha observado que no existe un monitoreo sistemático de la carga microbiológica en los ambientes de estos laboratorios. Esta falta de control puede dar lugar a la exposición de los usuarios a microorganismos potencialmente patógenos, lo que representa un riesgo significativo para su salud. La variable dependiente que se evaluará incluye la carga microbiana, mientras que las variables independientes abarcarán las prácticas

de manejo en el laboratorio, las condiciones ambientales, la capacitación del personal y el uso de equipos de protección personal.

Si no se implementa un monitoreo adecuado de la carga microbiológica, se anticipa que los niveles de contaminación aumenten. Esto podría resultar en un mayor riesgo para la salud de quienes usan los laboratorios y a su vez comprometer la validez de los experimentos realizados.

Se destaca la necesidad de establecer protocolos de control y monitoreo que mejoren las condiciones microbiológicas en los laboratorios, lo cual se orientará en la formulación de la hipótesis. Por lo tanto, este estudio busca cuantificar los niveles de microorganismos presentes en el ambiente de cada laboratorio, identificar los géneros predominantes y comparar los resultados entre los distintos espacios, con el fin de proponer medidas que mejoren la calidad microbiológica del ambiente y aseguren la integridad de las investigaciones realizadas.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel de riesgo microbiológico para la salud de los usuarios de los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir?

1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

Para llevar a cabo la investigación y abordar la pregunta de investigación planteada anteriormente, se ha descompuesto en las siguientes sub-preguntas, con el fin de realizar un análisis detallado del problema y alinearlo con los objetivos específicos de la investigación:

- **¿Cuál es la carga microbiana presente en los laboratorios de Biología, Microbiología y Química General?:** Con esta sub-pregunta se busca identificar y cuantificar los organismos que se encuentran presentes en los laboratorios seleccionados para comprender los niveles de contaminación en el ambiente.
- **¿Cuáles son los patógenos bacterianos y fúngicos de mayor presencia en el ambiente de las áreas de estudio?:** Para identificar las presuntas especies bacterianas y fúngicas que prevalecen, lo cual es esencial para determinar el nivel de riesgo microbiológico para la salud de los usuarios.
- **¿Qué factores facilitan la dispersión de microorganismos en el ambiente de los laboratorios seleccionados?**: Con esta sub-pregunta se pretende identificar los aspectos que favorecen la proliferación de microorganismos, con el fin de formular e implementar medidas para controlarlo.
- **¿Qué impacto tiene la carga microbiana en la salud de los usuarios de los laboratorios?**: Con esto se busca indagar si los usuarios han tenido experiencias relacionadas con enfermedades o riesgos para la salud asociadas a la presencia de microorganismos patógenos en los laboratorios.
- **¿Qué estrategias se pueden proponer para minimizar el riesgo microbiológico en los laboratorios?:** Por último, se busca plantear posibles medidas preventivas y/o correctivas que reduzcan la exposición a los patógenos identificados y mejoren la bioseguridad.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la carga microbiana y sus factores de riesgo presentes en los laboratorios de Biología, Microbiología y Química General, de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa - Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diagnostico de los laboratorios de Biología, Microbiología y Química General, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir.
- Identificar los factores de riesgos presentes en el ambiente de los laboratorios de Biología, Microbiología y Química General, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir.
- Plantear estrategias ambientales para el manejo de la carga microbiana de los laboratorios de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

3. ANTECEDENTES – MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 A nivel Internacional

Desde los inicios de 1950, en países de América Latina y el Caribe comenzó a surgir una creciente preocupación por la contaminación del aire. Las universidades y las dependencias de los ministerios de salud fueron las primeras instituciones en realizar mediciones de la calidad del aire, lo que, además, reflejaba la inquietud por los efectos de la contaminación en la salud pública (Korc, 1999). A lo largo del tiempo, dichas preocupaciones llevaron al desarrollo de investigaciones científicas enfocadas en los comportamientos de los organismos en la atmosfera. Este enfoque dio lugar al surgimiento de la aerobiología, la cual "es una disciplina que se encarga del estudio de las partículas biológicas suspendidas en la atmósfera" (Instituto de ciencias de la atmosfera y cambio climático, s.f.). Este término fue adquirido por Meier en los años 30 y ha sido adoptado para referirse a la disciplina que se ocupa del estudio de los organismos vivos transportados por el aire, su diversidad, modos de vida y su repercusión en el entorno (Castro, 2017).

Por otro lado, durante el transcurso de la historia de la microbiología, se ha evidenciado que las infecciones pueden ser contraídas en los laboratorios y generalmente pueden presentar riesgos de enfermedades infecciosas identificables para las personas que se encuentran en estos entornos o que están cerca de ellos (Richmond & McKinney, 2002).

En este sentido, la carga microbiana en los ambientes de cualquier laboratorio representa un tema de interés global, debido a que los procedimientos que se llevan a cabo

en estos espacios requieren de condiciones microbiológicamente controladas. De lo contrario la falta de control puede tener serias implicaciones para la bioseguridad, la calidad de los resultados y la salud del personal (Bottale et al., 2015).

Para garantizar un control eficaz de partículas, se busca principalmente operar en áreas clasificadas, las cuales son espacios diseñados con el objetivo de reducir al mínimo la entrada, producción y acumulación de contaminantes. Para lograrlo, se necesitan sistemas de acondicionamiento y filtración del aire, programas de limpieza y desinfección, el uso de vestimenta adecuada, personal capacitado y acciones correctivas inmediatas cuando se sobrepasan los límites permitidos de contaminantes (Bottale et al., 2015).

Varios estudios a nivel internacional han evaluado la calidad microbiológica en diferentes laboratorios y contextos. Por ejemplo, Herrera et al. (2012) monitorearon durante cinco meses la calidad microbiológica del aire de cuatro laboratorios microbiológicos de instituciones públicas de Guatemala, por medio del método volumétrico por impactación, con el objetivo de conocer el impacto que tiene la calidad microbiológica del aire del exterior en el ambiente interno de los laboratorios. Los resultados obtenidos permitieron elaborar una guía para sensibilizar al personal de las instituciones sobre la necesidad de contar con un manual de bioseguridad y una correcta limpieza y desinfección de los laboratorios.

Asimismo, en la República Argentina, Bottale et al. (2015) llevaron a cabo un estudio en la Unidad de Producción de Vacuna del Instituto Nacional de Enfermedades Virales Humanas (INEVH) “Dr. Julio I. Maiztegui”, en donde supervisaron la calidad microbiológica de los ambientes de las áreas destinadas a diferentes actividades dirigidas a la producción y control de vacunas. Para ello, se tomaron las muestras mediante el método volumétrico por impacto sobre placa con Agar y método de sedimentación sobre placa de agar. Dichas pruebas fueron analizadas en el laboratorio, obteniendo resultados sobre microorganismos

contaminantes presentes en distintas áreas. De igual forma, se concluye que dichos resultados son importantes debido a que proporcionan información de utilidad para entender el ingreso y circulación de microorganismos y así, implementar medidas que prevengan la contaminación microbiana y se asegure la producción de vacunas seguras.

Por otro lado, Ruíz et al. (2016) realizaron una evaluación de la calidad microbiológica ambiental de los laboratorios de química integrada, orgánica, farmacéutica y analítica; microbiología, parasitología y bioquímica; bromatología, toxicología y tecnología alimentaria de la universidad privada "Franklin Roosevelt" de Huancayo, Perú. Para ello, se empleó el método observacional y la técnica de exposición de placas al ambiente para la obtención de las muestras, que fueron analizadas con base en el método de recuento en placa siguiendo la Norma ISO 14698:2004. Finalmente, en dicho estudio se encontró "que la calidad microbiológica es aceptable en todos los ambientes analizados" (Ruíz et al., 2016, p. 7) Y, además, se resalta la importancia de realizar este control de calidad microbiológico al interior de cualquier laboratorio.

De manera similar, Quishpe (2021) evaluó la calidad microbiológica del aire en el laboratorio de microbiología del Hospital de Especialidades de las Fuerzas Armadas de Ecuador. Usando el método pasivo o método de placa de sedimentación de Koch, descubrió que el recuento microbiano total era mayor en el área de trabajo y el área de limpieza. Además, identificó que el grado de contaminación microbiana en algunas áreas no cumple con las normas internacionales, debido a que se presenta un exceso de los límites de contaminación aceptables y finalmente dichos resultados fueron útiles para formular medidas correctivas, con el propósito de disminuir la acumulación de microorganismos y prevenir posibles infecciones transmitidas por el aire.

3.1.2 A nivel Colombia

"Desde finales del siglo XIX, cuando se crearon los primeros laboratorios de investigación en Colombia, y a principios del siglo XX, con la creación de las primeras sociedades científicas" (Santa Marín & Buitrago-Sierra, 2023) nace la importancia de los laboratorios en el fomento del aprendizaje colaborativo y participativo, al mismo tiempo que se desmitifican términos científicos y profesionales mediante la práctica (Uribe, 2020).

En Antioquia, figuras clave como Manuel Uribe Ángel, Roberto Franco, César Uribe Piedrahita, Juan Bautista Montoya y Flórez, y Juan de Dios Carrasquilla jugaron un papel clave en el establecimiento de los primeros laboratorios bacteriológicos a finales del siglo XIX, siendo Montoya y Flórez quien inauguró los primeros en Medellín en 1892. Los programas de Bacteriología se consolidaron en Antioquia en la década de 1950, inicialmente en el Colegio Mayor de Antioquia y luego, en 1958, en la Universidad de Antioquia, con el objetivo de formar técnicas de laboratorio para el diagnóstico clínico y el control de enfermedades (Arango-Rave, 2010).

Por otro lado, los laboratorios de microbiología deben estar estructurados de manera que se adapten a las actividades que se realizan en los mismos, asegurando suficiente espacio para cada actividad, lo que permite prevenir confusiones, contaminación y contaminación cruzada (Organización Mundial de la Salud, 2013).

Como en cualquier otra profesión, los laboratorios presentan riesgos inherentes, propios de su naturaleza, especialmente relacionados con agentes biológicos como bacterias, virus, hongos o parásitos, que pueden afectar principalmente al profesional, llevándolos a riesgos de agentes físicos, químicos y biológicos. "Los agentes biológicos son microorganismos como bacterias, virus, hongos o parásitos que pueden causar un problema de salud de consecuencias fatales para el profesional sanitario" (Beltrón, 2019, pág. 120).

Entre los agentes más relevantes en la actualidad se encuentran bacterias gramnegativas como *Klebsiella pneumoniae,* así como Pseudomonas *aeruginosa* y *Acinetobacter baumannii*, resistentes a los carbapenémicos" (López-Hernández et al., 2022). Por tanto, el riesgo biológico debe ser rigurosamente evaluado y controlado para salvaguardar la seguridad y la salud de los trabajadores (Cristina et al., 2019).

En cuanto a estudios específicos, De Weldefort & Campuzano (2003) desempeñaron una investigación en once laboratorios de práctica y en el laboratorio central de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca en Bogotá, Colombia. Durante la investigación se tuvieron en cuenta tres etapas: La evaluación de la contaminación ambiental a través de 120 cultivos para hongos y 120 para bacterias, en los cuales se encontraron en un 36% hongos y en un 40% bacterias; la implementación de un programa educativo, con el objetivo de generar control de la contaminación presente en los laboratorios y la medición de su impacto. De manera similar, Delgado et al., (2004) realizaron una investigación en una industria farmacéutica colombiana, donde evaluaron y parametrizaron la contaminación microbiológica generada a partir de la elaboración de medicamentos a base de antibióticos β -Lactámicos. Una parte de la investigación consistió en el análisis del aire para el cual se empleó el método de sedimentación en placa y mediante el análisis microbiológico de los parámetros que se evaluaron se logró determinar el número y clase de microorganismos que se encuentran presentes en el área. Y, por último, los resultados obtenidos permitieron la formulación de un programa de monitoreo microbiológico ambiental.

Por otro lado, Romero et al., (2016) evaluaron la calidad bacteriológica del ambiente en un laboratorio de enseñanza de microbiología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, con el objetivo de conocer los posibles riesgos para la salud para los usuarios. En total se tomaron 20 muestras con base en la técnica de sedimentación por gravedad, que revelaron una mayor presencia de bacterias Gram positivas que Gram

negativas, aunque estas, no representan un riesgo alto para la salud de los usuarios. Sin embargo, se subrayó la necesidad de formular medidas encaminadas a la disminución de la carga bacteriana y las posibles afecciones a la salud.

Finalmente, Silva (2018) elaboró un estudio en el que se evaluó la calidad microbiológica en los ambientes de 14 laboratorios de la Universidad de Santander Campus Cúcuta, utilizando el método de sedimentación en placa. Esta investigación fue de gran utilidad para conocer un alto crecimiento de Aerobios mesófilos, mohos y levaduras, a pesar de que la temperatura y humedad relativa de los laboratorios se encontraba en el nivel óptimo que determina la normativa colombiana. Sin embargo, se reconoce el riesgo biológico al que están expuestos los usuarios y se resalta la importancia de implementar planes de mejora y seguimiento en el control de los procesos de limpieza y desinfección que se llevan a cabo en los laboratorios.

4. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

El presente trabajo sigue una metodología de enfoque mixto, combinando técnicas tanto cualitativas como cuantitativas (Sampieri, 2014) para abordar de manera integral la evaluación de la carga microbiana y sus factores de riesgo en el área de estudio.

En primer lugar, el enfoque cuantitativo, se enfoca en la recolección y análisis de datos numéricos (Vega et al., 2014), por lo que se llevará a cabo por medio de la medición y análisis de la carga microbiana en los laboratorios a través de actividades como el muestreo sistemático, el conteo de colonias y la caracterización microbiológica de los organismos

encontrados. Esto brinda resultados numéricos sobre la presencia y distribución de microorganismos en los diferentes laboratorios.

Y, por otro lado, el enfoque cualitativo, el cual se efectúa mediante la recolección de datos no numéricos, con la ayuda de técnicas como la observación, las entrevistas en profundidad, la aplicación de cuestionarios o la revisión de bibliografía, que posteriormente deben ser analizados (Merida, 2004). En este caso este enfoque se ve reflejado en la recolección de información a través de encuestas dirigidas a estudiantes, administrativos y empleados de la sede. Con dichas encuestas se busca explorar las percepciones y experiencias de los usuarios sobre las posibles enfermedades relacionadas con la calidad ambiental de los laboratorios.

En la **Tabla 1** se presenta cada una de las etapas a realizar, junto con las actividades y la metodología específica a aplicar para obtener los resultados deseados.

Tabla 1

Metodología por etapa

Etapas	Actividades	Metodología
1. Realizar un diagnóstico microbiológico de los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas,	Recolección de datos de fuentes primarias y secundarias	**Métodos empíricos** **- Observación y medición:** La recolección de datos se llevará a cabo mediante el muestreo ambiental en los laboratorios por medio de medios de cultivo

Etapas	Actividades	Metodología
Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C.		adecuados para aislar y contar las colonias microbianas presentes en el aire. **- Técnicas de recolección de datos:** Por medio de investigaciones previas y datos disponibles sobre la calidad del aire en laboratorios similares se obtendrá información secundaria.
2. Identificar los factores de riesgos presentes en los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C.	Realización de encuestas Análisis de resultados	**Métodos empíricos:** **- Encuestas:** Dirigidas a estudiantes, administrativos y colaboradores con el fin de recopilar información sobre las percepciones de los riesgos biológicos y posibles enfermedades asociadas a la calidad del aire en los laboratorios.

Etapas	Actividades	Metodología
		Métodos estadísticos: **- Estadística descriptiva:** Los datos cuantitativos obtenidos se organizarán teniendo en cuenta la relación con los factores de riesgo. **Métodos teóricos:** **- Análisis y síntesis:** Los datos obtenidos serán comparados y recopilados en una matriz de riesgos para identificar los posibles factores de riesgo presentes en los laboratorios.
3. Plantear eestrategias ambientales para el manejo de la carga microbiana en los laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas,	Análisis de datos Conclusiones	**Métodos teóricos:** **- Análisis y síntesis:** Se analizarán los datos empíricos y estadísticos para identificar posibles

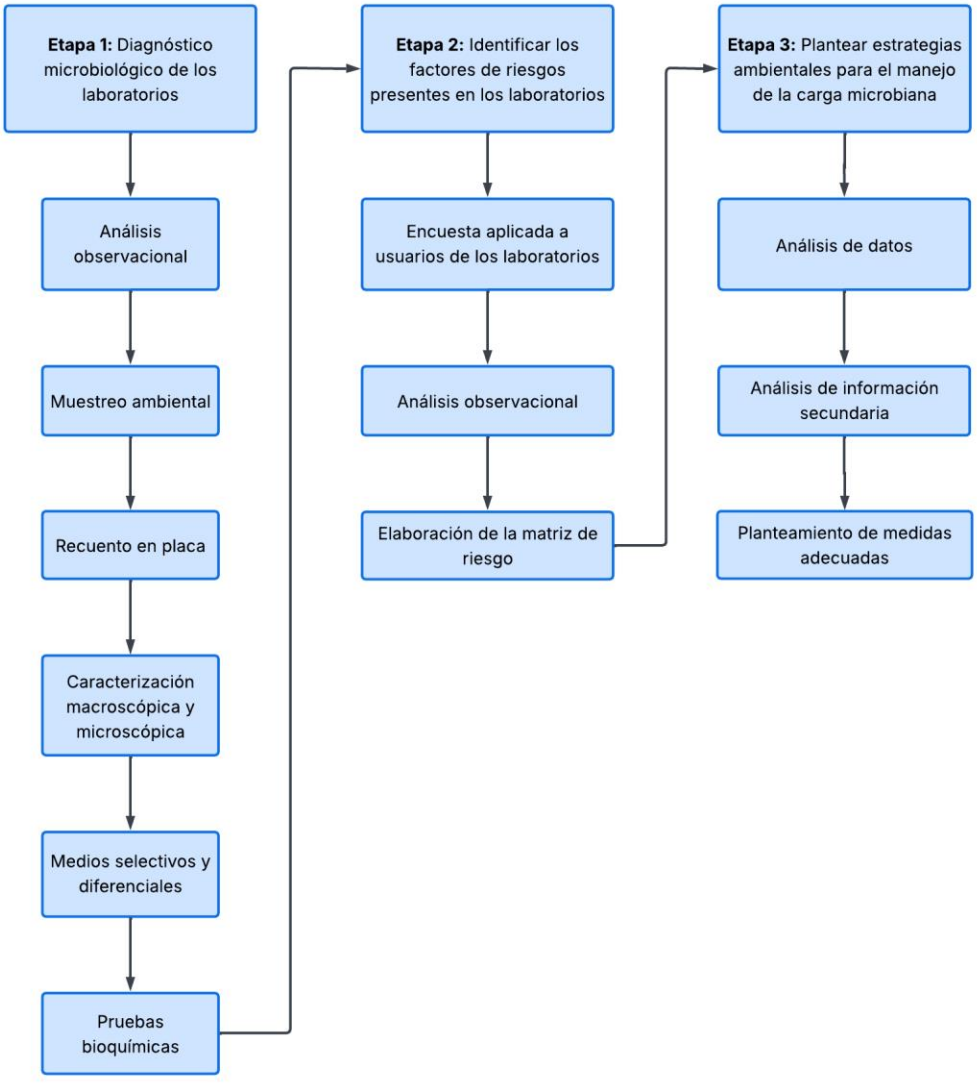
Etapas	Actividades	Metodología
Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C.		relaciones y proponer las medidas más adecuadas.

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Por otro lado, en la **Figura 1** se ilustra la secuencia de las actividades llevadas a cabo en cada una de las etapas de la metodología descritas en la **Tabla 1**.

Figura 1

Diagrama de la metodología por etapa



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

4.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Para empezar, se realizó la recolección de muestras con el fin de recuperar los microorganismos presentes en el ambiente de los laboratorios de Microbiología, Química General y Biología de la Sede Bosa Porvenir. Para lo cual, se realizaron tres jornadas de muestreo en cada laboratorio, para un total de nueve sesiones de muestreo y 360 muestras.

Las muestras se tomaron mediante el método de sedimentación por gravedad en placa de Petri, el cual ha sido aplicado desde que en el año 1887 Frankland y Hart lo utilizaran por primera vez. Este método consiste en exponer las placas con medio de cultivo estéril, durante un tiempo determinado, permitiendo la sedimentación natural de los microorganismos presentes en el aire (De la Rosa et al., 2002). Para cada muestreo se ocuparon medios de cultivo Standard Plate Count (SPC) para la recuperación de bacterias aerobias mesófilas y Papa Dextrosa Agar (PDA) para el crecimiento de hongos y levaduras. La cantidad total de muestras tomadas en cada laboratorio por medio de cultivo y la distribución por jornada de muestreo se resumen en la **Tabla 2.**

Tabla 2

Número de muestras por laboratorio

Laboratorio	Número de muestreos	Jornada de muestreo	SPC (Cajas)	PDA (Cajas)	Total de muestras por laboratorio
Microbiología	3	Día 1	9	9	96
		Día 2	27	27	

Laboratorio	Número de muestreos	Jornada de muestreo	SPC (Cajas)	PDA (Cajas)	Total de muestras por laboratorio
		Día 3	12	12	
	TOTAL		**48**	**48**	
Biología	3	Día 1	14	14	136
		Día 2	42	42	
		Día 3	12	12	
	TOTAL		**68**	**68**	
Química General	3	Día 1	13	13	128
		Día 2	39	39	
		Día 3	12	12	
	TOTAL		64	64	
TOTAL GENERAL	**9**	**-**	**180**	**180**	-

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

En este sentido, se llevó a cabo un barrido inicial con el objetivo de identificar los puntos con mayor carga microbiana. Dicha toma de muestras se ejecutó en diferentes puntos de cada laboratorio, elegidos estratégicamente en áreas con mayor concurrencia de personas, entre la primera y última semana de mayo, así como en la primera semana de junio en horarios de clase, por lo que los laboratorios se encontraban con usuarios, tanto estudiantes, como auxiliares y docentes como se observa en la **Tabla 3.**

Posteriormente, se realizó un segundo muestreo por triplicado, con el fin de corroborar los resultados obtenidos en el barrido inicial, por lo que se efectuó en condiciones similares y en los mismos puntos establecidos, durante la segunda y tercera semana de junio como se señala en la **Tabla 3.**

Y finalmente, se llevó a cabo un tercer muestreo por triplicado, para el cual se tomaron muestras únicamente en los cuatro puntos con mayor carga microbiana identificados en el primer y segundo barrido en cada uno de los laboratorios, en horarios en los que no se desarrollaban actividades académicas como se señala en la **Tabla 4**, de modo que los espacios se encontraban sin la presencia de usuarios. Este muestreo tuvo como propósito establecer una comparación respecto a los muestreos anteriores, realizados durante el desarrollo normal de las actividades, para así mismo evaluar la carga microbiana proveniente de las condiciones propias del entorno como la ventilación, limpieza, acumulación de polvo, entre otros, sin la influencia directa de los usuarios (Hospodsky et al., 2012).

Durante todos los muestreos, se monitorearon los parámetros ambientales de temperatura y humedad relativa, cuyos valores se registraron en la **Tabla 3** y **Tabla 4**.

Tabla 3

Registro de toma de muestras con usuarios para barrido en los laboratorios

Barrido	Laboratorio	Fecha	Horario	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Inicial	Microbiología	Lunes 5 de mayo de 2025	13:00 – 15:00	20	54
	Biología	Lunes 26 de mayo de 2025		20	56
	Química General	Miércoles 04 de junio de 2025	9:00 – 11:00	19	55
Por triplicado	Microbiología	Miércoles 11 de junio de 2025	13:00 – 15:00	21	69
	Química General	Jueves 12 de junio de 2025		21	54
	Biología	Lunes 16 de junio de 2025		18	59

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 4

*Registro de toma de muestras **sin usuarios** en los laboratorios*

Muestreo	Laboratorio	Fecha	Horario	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Sin usuarios	Microbiología	Viernes 27 de junio de 2025	11:00 – 13:00	19	56
	Biología	Viernes 27 de junio de 2025	13:00 – 15:00	19	54
	Química General	Viernes 04 de julio de 2025	9:00 – 11:00	17	56

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Los puntos de muestreo fueron seleccionados teniendo en cuenta la distribución del espacio de cada laboratorio y las áreas con mayor tránsito durante las actividades académicas.

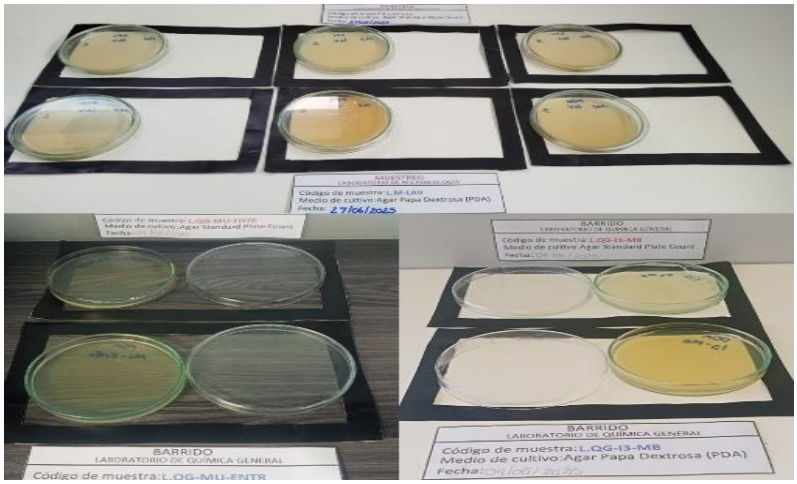
En todos los laboratorios, se ubicaron las cajas con los medios de cultivo correspondientes y permanecieron abiertas durante 15 minutos sobre superficies horizontales a una altura de noventa centímetros (90 cm) desde el nivel del suelo en los mesones de trabajo, por lo que corresponde a la altura donde se realizan las actividades habituales y en los puntos ubicados sobre las estanterías superiores que dividen los mesones de cada isla (denominados “A”), a una altura de 169 cm, mientras que en superficies adicionales propias de cada laboratorio (neveras, muebles y mesas) la altura es diferente.

Adicionalmente, las cajas fueron puestas en los mesones en forma de zigzag, alternando la posición de las cajas (izquierda, derecha, centro de cada mesón) y en las otras superficies las cajas se ubicaron en el centro. Asimismo, para garantizar el control del

muestreo, cada punto fue delimitado, como se muestra en la **Figura 2**, para asegurar que las cajas fueran puestas exactamente en el mismo lugar durante los muestreos, evitando que fueran movidas accidentalmente.

Figura 2

Delimitación de los puntos de muestreo



Nota. Recopilación del registro fotográfico de la forma en la que se delimitaron los puntos en los que se tomaron las muestras.

En general se utilizaron 180 cajas de SPC y 180 cajas de PDA, para un total de 360 cajas de Petri. El primer y segundo barrido se realizaron con el objetivo de determinar el crecimiento a diferentes alturas y en diferentes áreas de los laboratorios, para así comparar los resultados y encontrar en que puntos había mayor concentración de microrganismos. Para ello, el laboratorio de Microbiología, el laboratorio de Biología y el laboratorio de Química General se dividieron en diferentes zonas como se describe en los **apartados 4.1.2, 4.1.3** y **4.1.4** respectivamente.

4.1.1 Sistema de codificación de las muestras

Para garantizar la organización y trazabilidad de las muestras recolectadas, se creó un sistema de codificación alfanumérico, teniendo en cuenta el laboratorio en el que se toma la muestra, área o mueble y ubicación especifica dentro del mismo.

Con esa finalidad, los códigos para las muestras tomadas en los mesones centrales se formaron así: L – Isla - Ubicación y en los casos donde la muestra fue tomada en un área diferente del laboratorio se organizó así: L - Área o elemento, donde:

- L: Corresponde al laboratorio del que proviene la muestra
  - L.M: Laboratorio de Microbiología
  - L.B: Laboratorio de Biología
  - L.QG: Laboratorio de Química General
- Isla: Se refiere a la estación de trabajo dentro del laboratorio
  - I1, I2 o I3: Indican el numero de la isla de trabajo
- Ubicación: Muestra si la caja de Petri fue posicionada en un mesón o en la estantería central de la isla
  - MA y MB: Se refieren a los mesones del lado izquierdo y derecho respectivamente
  - A: Señalan las estanterías superiores de la división central de cada isla
- Área o elemento: Hace referencia a la zona dentro del laboratorio en la que se posiciona la muestra, diferente a las islas.

Por ejemplo, el código L.M-I1-MA corresponde a la muestra tomada en el Laboratorio de Microbiología, en la Isla 1, sobre el mesón de trabajo del lado izquierdo, mientras que el código L.B-TINC, indica que la muestra es del Laboratorio de Biología en el

área de tinción. En la **Tabla 5** se señala la codificación utilizada para identificar las muestras tomadas en los tres laboratorios, especificando el laboratorio correspondiente, la ubicación del punto de muestreo y las fotografías registradas durante la toma de muestras.

Tabla 5

Codificación de las muestras

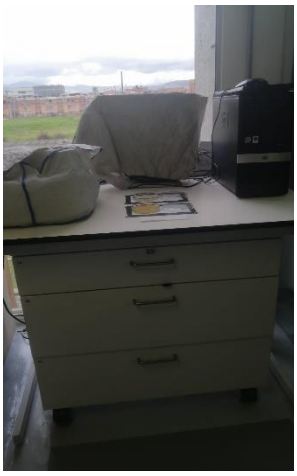
Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Microbiología	L.M-I1-MA	Isla 1, mesón lado izquierdo	
Microbiología	L.M-I1-MB	Isla 1, mesón lado derecho	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Microbiología	L.M-I1-A	Parte superior de la estantería central de la Isla 1	
Microbiología	L.M-I2-MA	Isla 2, mesón lado izquierdo	

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Microbiología	L.M-I2-MB	Isla 2, mesón lado derecho	
Microbiología	L.M-I2-A	Parte superior de la estantería central de la Isla 2	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Microbiología	L.M-PREP	Área de preparación de material	
Microbiología	L.M-OFI	Oficina	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Microbiología	L.M-LAV	Área de lavado o descarte	
Biología	L.B-I1-MA	Isla 1, mesón lado izquierdo	

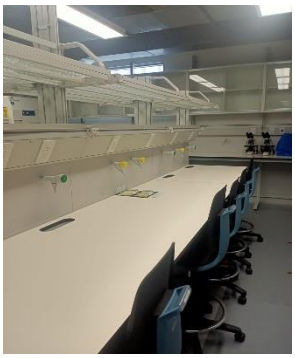
Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Biología	L.B-I1-MB	Isla 1, mesón lado derecho	
Biología	L.B-I1-A	Parte superior de la estantería central de la Isla 1	
Biología	L.B-I2-MA	Isla 2, mesón lado izquierdo	

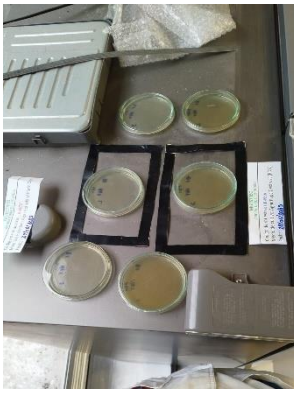
Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Biología	L.B-I2-MB	Isla 2, mesón lado derecho	
Biología	L.B-I2-A	Parte superior de la estantería central de la Isla 2	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

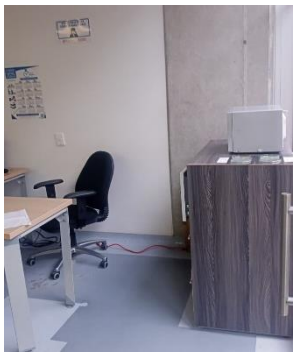
Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Biología	L.B-I3-MA	Isla 3, mesón lado izquierdo	
Biología	L.B-I3-MB	Isla 3, mesón lado derecho	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Biología	L.B-I3-A	Parte superior de la estantería central de la Isla 3	
Biología	L.B-NEV	Parte superior de la nevera	

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Biología	L.B-TINC	Área de tinción	
Biología	L.B-MU-ALM	Mueble de almacenamiento central ubicado detrás del tablero	

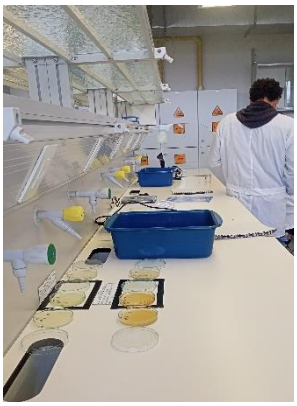
Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Biología	L.B-OFI	Oficina	
Biología	L.B-M-ENTR	Mueble ubicado en la entrada del laboratorio donde se posicionan diferentes equipos	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Química General	L.QG-I1-MA	Isla 1, mesón lado izquierdo	
Química General	L.QG-I1-MB	Isla 1, mesón lado derecho	
Química General	L.QG-I1-A	Parte superior de la estantería central de la Isla 1	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Química General	L.QG-I2-MA	Isla 2, mesón lado izquierdo	
Química General	L.QG-I2-MB	Isla 2, mesón lado derecho	
Química General	L.QG-I2-A	Parte superior de la estantería central de la Isla 2	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Química General	L.QG-I3-MA	Isla 3, mesón lado izquierdo	
Química General	L.QG-I3-MB	Isla 3, mesón lado derecho	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Química General	L.QG-I3-A	Parte superior de la estantería central de la Isla 3	
Química General	L.QG-OFI	Oficina	

Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

Laboratorio	Código	Ubicación / Área	Fotografía
Química General	L.QG-MU-ENTR	Mueble ubicado en la entrada del laboratorio	
Química General	L.QG-M-MED	Mesa en el medio del laboratorio destinada a la manipulación de reactivos utilizados durante cada clase	
Química General	L.QG-M-FON	Mesa situado al fondo del laboratorio en la que se apoya el tablero de clase	

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

4.1.2 Puntos de muestreo Laboratorio de Microbiología

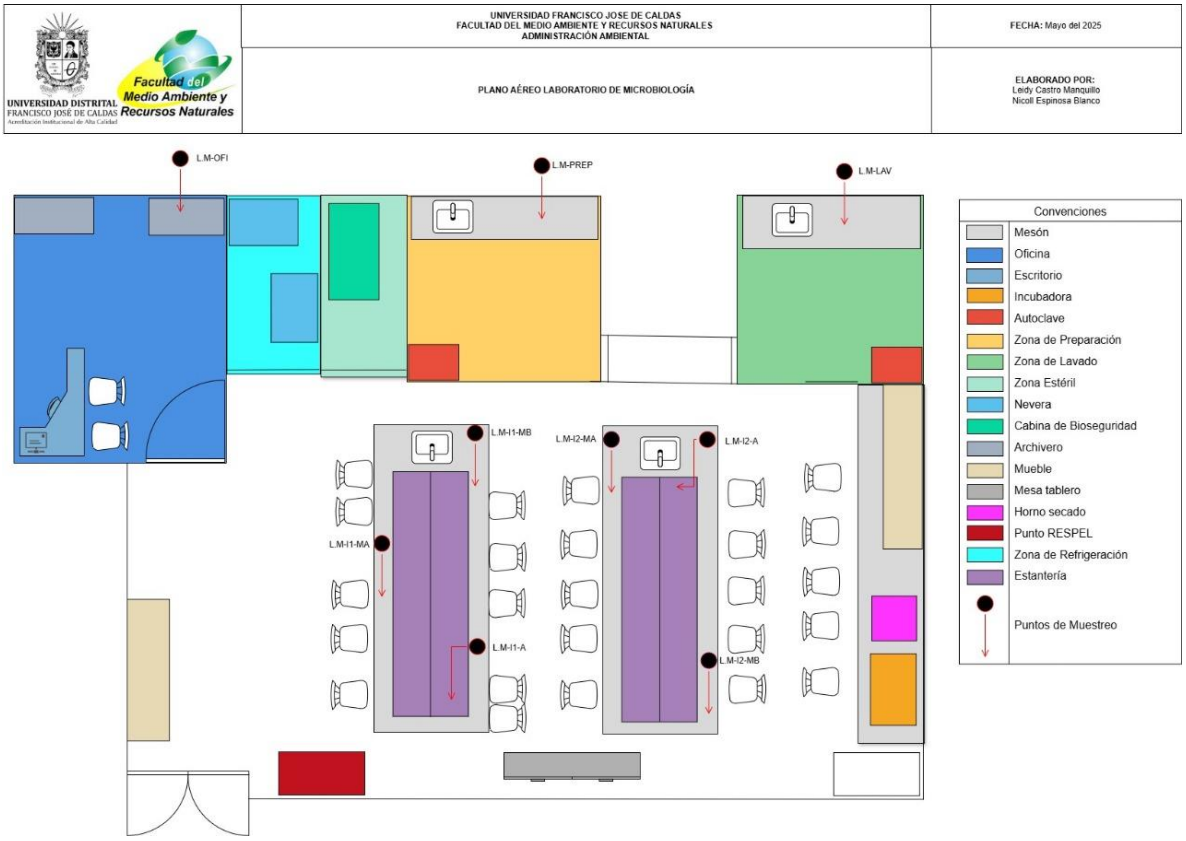
En el laboratorio de microbiología durante la primera y segunda jornada de muestreo se ubicaron las placas en las dos islas de trabajo. En la isla 1, se tomaron muestras en el mesón del lado izquierdo (I1-MA), el cual es el más cercano a la puerta, en el mesón del lado derecho (I1-MB) y en la parte superior de la estantería divisoria de la isla (I1-A). De manera similar, en la isla 2 se establecieron los puntos I2-MA, I2-MB y I2-A. Adicionalmente, se tomaron muestras en el área de Preparación (PREP), la Oficina (OFI) y la zona de lavado o descarte (LAV).

Por otro lado, para el tercer muestreo, realizado en ausencia de usuarios, se seleccionaron los cinco puntos en los que se obtuvo mayor carga microbiana durante los muestreos previos: I1-MA e I1-MB para el medio PDA, los puntos I2-MB e I2-A para el medio SPC y los puntos 1-A y LAV para ambos medios (SPC y PDA).

En la **Figura 3** se presenta la ubicación de los puntos de muestreo dentro del laboratorio de microbiología.

Figura 3

Plano de ubicación de los puntos de muestreo en el laboratorio de microbiología



Nota. Plano elaborado por Autoras, 2025.

En la **Tabla 6 se** expone la distribución general de los puntos de muestreo con mayor carga microbiana en el laboratorio de Microbiología, indicando el medio de cultivo utilizado y la altura a la que se colocaron las cajas de Petri en los puntos.

Tabla 6

Puntos de muestreo del laboratorio de Microbiología

Laboratorio	Punto	Descripción	Altura (cm)	Medio aplicado (tercer muestreo)
Microbiología	L.M-I1-MA	Mesón izquierdo Isla 1	90	PDA
	L.M-I1-MB	Mesón derecho Isla 1	90	PDA
	L.M-I1-A	Estantería superior Isla 1	169	SPC y PDA
	L.M-I2-MB	Mesón derecho Isla 2	90	SPC
	L.M-I2-A	Estantería superior Isla 2	169	SPC
	L.M-LAV	Zona de lavado y descarte de material contaminado	90	SPC y PDA

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

4.1.3 Puntos de muestreo Laboratorio de Biología

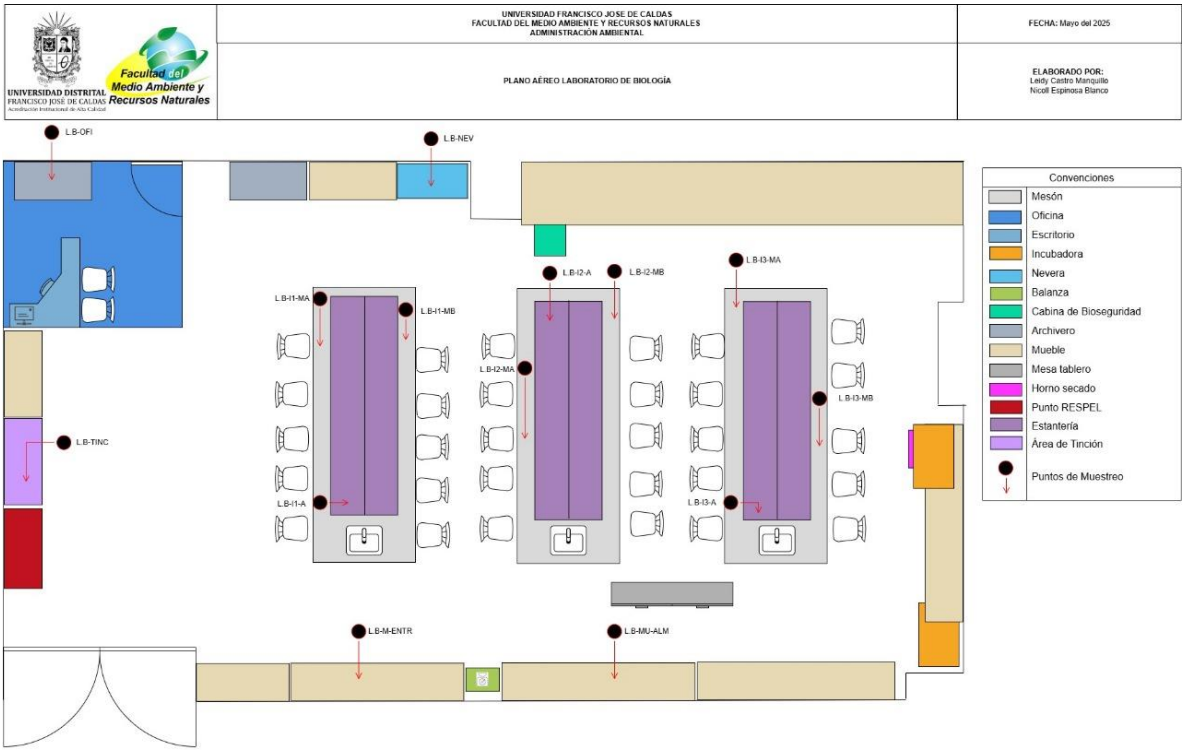
El laboratorio de Biología cuenta con tres islas de trabajo, con los puntos I1-MA, I1-MB, I1-A, I2-MA, I2-MB, I2-A, I3-MA, I3-MB e I3-A. Además, se consideraron superficies como la parte superior de la nevera (NEV) donde se almacenan reactivos, la mesa de tinciones (TINC), el mueble de almacenamiento (MU-ALM), el mueble cercano a la entrada del laboratorio (M-ENTR) y la oficina (OFI).

Y de manera similar, en el tercer muestreo, realizado sin usuarios, se eligieron los puntos I1-A para SPC, I2-MA para PDA y I2-A, I3-A y NEV para ambos medios (SPC y PDA), priorizando las zonas con mayor carga microbiana.

En la **Figura 4** se expone el plano del laboratorio de biología con la ubicación de los puntos de muestreo.

Figura 4

Plano de ubicación de los puntos de muestreo en el laboratorio de biología



Nota. Plano elaborado por Autoras, 2025.

En la **Tabla 7** se enlistan los puntos de muestreo con mayor carga microbiana en el laboratorio de Biología junto con la altura a la que se colocaron las cajas de Petri y el medio de cultivo que se utilizó durante el muestreo final.

Tabla 7

Puntos de muestreo del laboratorio de Biología

Laboratorio	Punto	Descripción	Altura (cm)	Medio aplicado (tercer muestreo)
Biología	L.B-I1-A	Estantería superior Isla 1	169	SPC
	L.B-I2-MA	Mesón izquierdo Isla 1	90	PDA
	L.B-I2-A	Estantería superior Isla 2	169	SPC y PDA
	L.B-I3-A	Estantería superior Isla 3	169	SPC y PDA
	L.B-NEV	Parte superior de la nevera	177	SPC y PDA

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

4.1.4 Puntos de muestreo Laboratorio de Química General

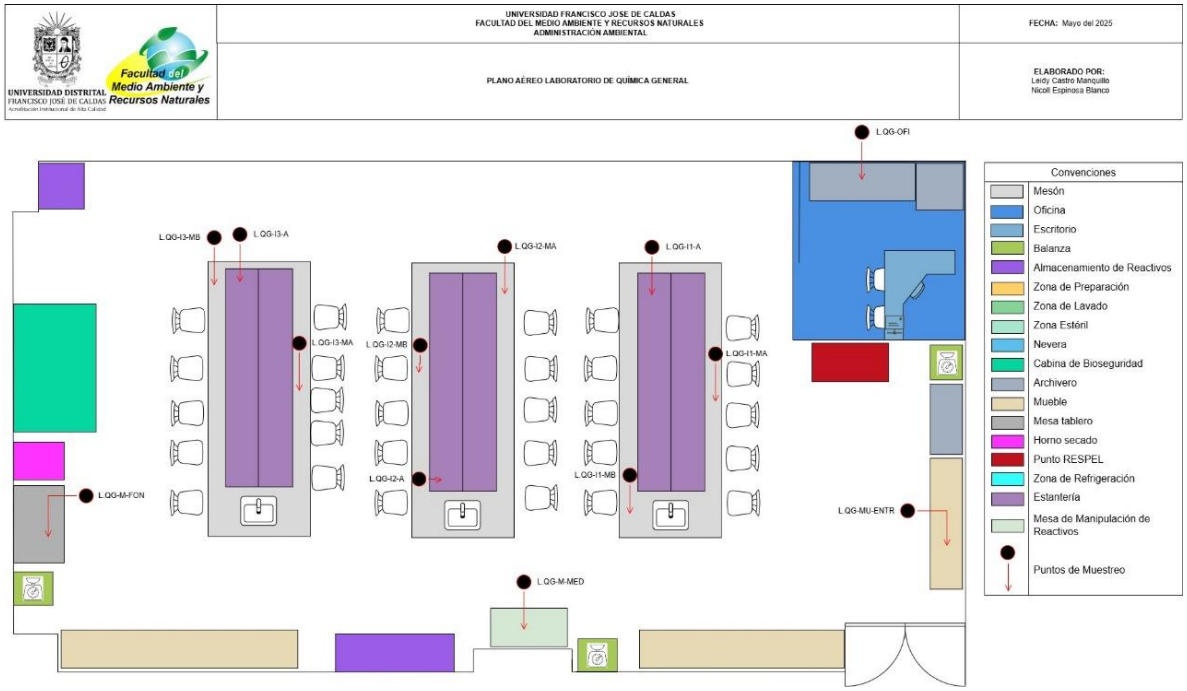
Finalmente, en el laboratorio de Química General, los puntos de muestreo se ubicaron en las tres islas de trabajo (I1-MA, I1-MB, I1-A, I2-MA, I2-MB, I2-A, I3-MA, I3-MB e I3-A), en el mueble de la entrada ubicado al frente de la puerta (MU-ENTR), en la mesa central (M-MED), la mesa ubicada al fondo del laboratorio (M-FON) y la oficina (OFI).

Y para el tercer muestreo, los puntos seleccionados fueron I1-MA para SPC, I2-A para PDA e I2-MB, I2-MB e I3-A para ambos medios (SPC y PDA).

En la **Figura 5** muestra el plano del laboratorio de química general con los puntos de muestreo.

Figura 5

Plano de ubicación de los puntos de muestreo en el laboratorio de química general



Nota. Plano elaborado por Autoras, 2025.

En la **Tabla 8** se presenta la distribución general de los puntos de muestreo con mayor carga microbiana en el laboratorio de Química General, indicando su ubicación, la altura a la que se colocaron las cajas de Petri y el medio de cultivo utilizado durante el muestreo final.

Tabla 8

Puntos de muestreo del laboratorio de Química General

Laboratorio	Punto	Descripción	Altura (cm)	Medio aplicado (tercer muestreo)
Química General	L.QG-I1-MA	Mesón izquierdo Isla 1	90	SPC
	L.QG-I2-A	Estantería superior Isla 1	169	PDA
	L.QG-I2-MB	Mesón derecho Isla 2	90	SPC y PDA
	L.QG-I3-MB	Mesón derecho Isla 3	90	SPC y PDA
	L.QG-I3-A	Estantería superior Isla 3	169	SPC y PDA

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

4.2 CONTROL DE CALIDAD MICROBIÓLOGICA

El aseguramiento de la calidad microbiológica constituye una parte muy importante en esta investigación, debido a que sirve para garantizar que los resultados obtenidos sean confiables y representen las condiciones reales de los lugares evaluados. Para ello, se realizaron distintos controles orientados a minimizar los posibles errores experimentales y

asegurar que los materiales se encuentren correctamente estériles, así como que las condiciones ambientales sean óptimas para el desarrollo del estudio.

4.2.1 Prueba de calidad de los medios de cultivo

En primera instancia, con el objetivo de verificar que el proceso de preparación de los medios de cultivo se haya llevado a cabo correctamente y que no se existiera contaminación previa, se realizaron controles de calidad de cada lote preparado. Para ello, cada vez que un lote de medios de cultivo era preparado, se seleccionaba de manera aleatoria una caja de Petri de cada uno y se incubaba bajo las mismas condiciones utilizadas posteriormente para la toma de muestras.

Dicho procedimiento se realizaba con el fin de confirmar que no se presentara crecimiento microbiano antes de realizar el muestreo. En dado caso que se evidenciara el desarrollo de colonias en alguna de las cajas de control, se concluía que el lote correspondiente estaba contaminado y por ende debía ser descartado y reemplazado por un nuevo lote que debía ser preparado bajo las condiciones adecuadas.

4.2.2 Control de ambientes

Paralelamente, para asegurar que los equipos utilizados, como la cabina de flujo laminar empleada para el servido de los medios de cultivo estériles y la siembra de cultivos, y las incubadoras destinadas a su crecimiento, se mantuvieran dentro de los parámetros adecuados de esterilidad, se ubicaron cajas abiertas de SPC y PDA en estos equipos.

El objetivo de realizar esta verificación fue comprobar la esterilidad de estos y garantizar que no representara una fuente de contaminación durante los procesos que se

realizan allí, asegurando que los resultados no sean alterados por microorganismos ajenos a las muestras obtenidas.

4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

4.3.1 Recuento en placa

Una vez tomadas las muestras en las cajas de Petri con los medios de cultivo correspondientes, se procede a llevarlas a incubación. Es así como las cajas de SPC se incubaron a una temperatura de 37°C durante 24 a 48 horas, mientras que las muestras en PDA fueron incubadas durante 5 días a una temperatura de 25°C.

Una vez finalizado el tiempo de incubación establecido, se realizó el conteo de las colonias visibles en cada medio de cultivo. En este sentido, las cajas con SPC se cuantificaron en unidades formadoras de colonia (UFC) sobre el área de muestreo de la caja y el tiempo de exposición (UFC/65 cm^2 /15 minutos) (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2025) correspondientes a bacterias mesófilas aerobias, mientras que en las cajas con PDA se contaron las colonias de hongos y levaduras por separado.

4.3.2 Caracterización macroscópica y microscópica

Una vez realizado el conteo de las colonias se continuó con la caracterización macroscópica y microscópica de los microorganismos.

En la caracterización macroscópica, se observaron las colonias directamente sobre la superficie de los medios de cultivo (SPC y PDA), identificando características como el color, forma, borde, elevación, consistencia o textura y tamaño tanto en el anverso como el reverso

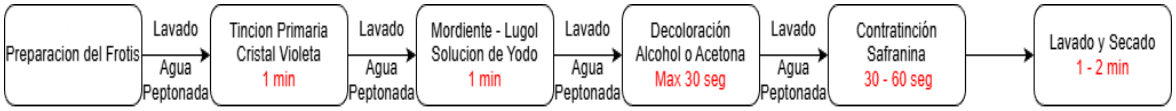
de las colonias (Lara et al., 2013) dichas variables permitieron enumerar cada colonia con morfología diferente para su posterior aislamiento.

En cuanto a la caracterización microscópica, primero se realizó el frotis de los cultivos en laminas portaobjeto para su posterior tinción mediante la técnica de coloración de Gram, con el fin de identificar la morfología celular y clasificarlas en Gram positivas o Gram negativas. Este método fue desarrollado por el bacteriólogo danés Hans Christian Gram en el año 1884 (SizarOmeed et al., 2023) inicialmente para identificar microorganismos causantes de neumonía, y actualmente es conocido en la microbiología como una de las técnicas de tinción más importantes para diferenciar y clasificar especies bacterianas teniendo en cuenta las características de su pared celular (Tripathi et al., 2025). Con esta técnica se busca catalogar las bacterias en dos grupos: Las bacterias Gram positivas, las cuales cuentan con una pared celular "gruesa compuesta de peptidoglucanos y polímeros, e impermeable, que hace que resista la decoloración" (Rodríguez & Arenas, 2018, pág. 1), lo que permite visualizar un color azul-violeta,; y las baterías Gram negativas, que al contrario tienen una "capa delgada de peptidoglucanos más una bicapa de lipoproteínas que se puede deshacer con la decoloración" (Rodríguez & Arenas, 2018, págs. 1 - 2), por lo que se decoloran y se tiñen con safranina obteniendo un color rojo después de la tinción (Rodríguez & Arenas, 2018).

El procedimiento se basa en una serie de etapas secuenciales que se presentan a continuación en la **Figura 6.**

Figura 6

Etapas de la tinción de Gram



Nota. Elaborado por Autoras, 2025

Por otra parte, para la identificación de hongos, las colonias obtenidas en medio PDA fueron sometidas a un proceso de aislamiento con el fin de obtener cultivos puros, los cuales se utilizaron para su descripción macroscópica y microscópica. Dichas muestras ambientales recolectadas fueron procesadas para el aislamiento de hongos filamentosos y levaduras con el propósito de evaluar la contaminación fúngica presente en el ambiente interior. La presencia de esporas, fragmentos de micelio y otros propágulos fúngicos suspendidos en el aire o adheridos a superficies representa un riesgo para la salud ocupacional, debido a su potencial patogénico y a la producción de metabolitos tóxicos o alergénicos (Samson et al., 2019).

El aislamiento se llevó a cabo mediante la siembra de las muestras sobre medio PDA, suplementado con antibióticos para inhibir el crecimiento bacteriano, favoreciendo así el desarrollo selectivo de hongos filamentosos y levaduras (Condalab, 2021). Las placas fueron incubadas a temperatura ambiente (25 ± 20 °C) durante un período de 5 a 7 días bajo condiciones aerobias.

Una vez obtenidos los cultivos, se realizó la evaluación macroscópica de las colonias, considerando criterios como la tasa de crecimiento, textura (algodonosa, aterciopelada, pulverulenta o cerosa), topografía (plana, plegada, crateriforme), pigmentación del anverso

y reverso, y la presencia de exudados o zonas de esporulación diferenciadas (Barnett & Hunter, 1998).

Para la caracterización microscópica, se elaboraron montajes en fresco utilizando tinción con azul de algodón en lactofenol, la cual tiñe las estructuras hialinas del micelio y permite una visualización nítida de conidióforos, conidios, fiálides, vesículas y esporangios. Las muestras se obtuvieron mediante la técnica de impronta con cinta adhesiva transparente, presionando suavemente sobre la superficie de la colonia y transfiriendo al portaobjetos con una gota del colorante.

Las observaciones se realizaron en microscopio óptico compuesto, identificando las estructuras fúngicas características y comparándolas con claves morfológicas estandarizadas para la determinación presuntiva del género (Raper & Fennell, 1965; Samson et al., 2014). Entre los rasgos de diagnóstico más relevantes se incluyen el tipo de hifa (septada o cenocítica), la morfología del conidióforo, la disposición de las fiálides, la forma y tamaño de los conidios.

Este enfoque morfológico permite realizar una identificación presuntiva confiable a nivel de género, la cual constituye la base para posteriores análisis moleculares o bioquímicos si se requiere una confirmación taxonómica más precisa y esta tinción tiene la ventaja de preservar la morfología y facilitar la observación de las estructuras reproductivas y vegetativas, esenciales para la identificación taxonómica (Atlas of Clinical Fungi, 2020).

El procedimiento se demuestra a través de la **Figura 7**.

Figura 7

Etapas Tinción de azul de lactofenol



Nota. Elaborado por Autoras, 2025

4.3.3 Siembra en medios selectivos y diferenciales

Posteriormente, se procedió a aislar en SPC los microorganismos aerobios mesófilos y en PDA los hongos y levaduras identificados previamente para luego sembrarlos en los medios selectivos y diferenciales, con el fin de facilitar su identificación presuntiva.

Para ello, los aislamientos bacterianos fueron sembrados por agotamiento en Agar Bacillus Cereus (Laboratorios Britania s,a., 2021) para la detección de especies del género *Bacillus spp.*, el cual es un bacilo grampositivo que crece a temperaturas optimas de 28 a 37°C (Militotis & Bier, 2003); Agar Eosina Azul de Metileno (EMB) para el aislamiento y diferenciación de bacilos gram negativos, principalmente enterobacterias a temperaturas cercanas a los 35 ± 2 °C (Becton Dickinson GmbH , 2013); Agar Baird Parker, destinado a

la detección de *Staphylococcus aureus*, el cual crece a una temperatura óptima de 30 a 37°C (Ollis et al., 1995); Agar King B, usado para la identificación de especies del género *Pseudomonas.* mediante la observación de fluorescencia bajo luz ultravioleta (Landeras et al., 2017); y, por último, Agar Sulfito-Polimixina-Sulfadiazina (SPS), utilizado para la detección de *Clostridium spp*. y otros anaerobios esporulados (Marshall et al., 1965).

Todas las cajas fueron incubadas a una temperatura de 37°C durante 48 horas, realizando observaciones intermedias a las 24 y 48 horas, con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos. En el caso del medio SPS, la incubación debe efectuarse en condiciones anaerobias, por lo que se utilizó una caja metálica hermética para poner las cajas de Petri, junto con velas encendidas antes de cerrar, con el fin de consumir el oxígeno y generar un ambiente adecuado para el crecimiento de microorganismos anaerobios (López & Samaniego, 2016). En la **Tabla 9** se presenta la interpretación de resultados para cada medio selectivo y diferencial utilizado.

Tabla 9

Medios selectivos y diferenciales utilizados para la identificación presuntiva

Medio de cultivo	Microorganismo objetivo	Interpretación de resultados
Agar Bacillus Cereus	*Bacillus spp.*	Las colonias de Bacillus cereus en este medio son crenadas, filamentosas y tienen un color turquesa rodeado por un precipitado de hidrólisis de yema de huevo. A las 48 horas de incubación

Medio de cultivo	Microorganismo objetivo	Interpretación de resultados
Agar EMB (Eosina Azul de Metileno)	*Enterobacterias Gram negativas*	presentan el color con centro grisáceo (Laboratorios Britania s,a., 2021). **Microorganismos fermentadores de lactosa y / o sacarosa:** Colonias de color negro azulado o amarronado. Pueden tener centro oscuro y brillo metálico. **Microorganismos no fermentadores de lactosa y sacarosa:** Colonias del color del medio, incoloras (Laboratorios Britania s,a., 2021)
Agar Baird Parker	*Staphylococcus aureus*	**Bacterias que reducen el telurito de potasio:** Colonias grisáceas-negras. **Bacterias que no reducen el telurito de potasio:** Colonias del color del medio, transparentes. **Bacterias con actividad lecitinásica:** Halo claro en el medio de cultivo alrededor de la colonia. Puede tener un

Medio de cultivo	Microorganismo objetivo	Interpretación de resultados
		halo opaco alrededor de la colonia con un halo claro externo. **Bacterias sin actividad lecitinásica:** Ausencia de halo claro alrededor de la colonia. (Laboratorios Britania s,a., 2021)
Agar King B	*Pseudomonas spp.*	Se considera un resultado positivo si luego de ver las colonias bajo luz ultravioleta a 260 nm se observa fluoresceína, que es un pigmento de color amarillo-verdoso fluorescente rodeando la colonia o extendido por todo el medio de cultivo (Laboratorios Britania s,a., 2021).
Agar SPS (Sulfito-Polimixina-Sulfadiazina)	Clostridium spp. y otros anaerobios esporulados	Se observan colonias de color negro debido a los microorganismos productores de SH_2 (Laboratorios Britania s,a., 2021)

Nota. Elaboración propia con base en fichas técnicas de medios de cultivo de Britania (2025).

4.3.4 Pruebas bioquímicas

Simultáneamente con la siembra en medios selectivos y diferenciales, las muestras aisladas previamente fueron inoculadas en medio bioquímicos para evaluar sus características metabólicas y fisiológicas, permitiendo realizar una identificación presuntiva de los microorganismos recuperados.

Las pruebas aplicadas fueron Citrato de Simmons, el cual se usa para la diferenciación de microorganismos capaces de utilizar el citrato como única fuente de carbono, como algunas enterobacterias (Laboratorios Britania s,a., 2021); Triple Sugar Iron (TSI), es un medio empleado para evaluar la capacidad de fermentar glucosa, lactosa y sacarosa, así como la producción de gas y ácido sulfhídrico (Labotarorios Britania s,a., 2012); la prueba de Urea en la que se diferencian microorganismos en base a la actividad ureásica, es decir, bacterias que hidrolizan la urea por acción de la enzima ureasa (Laboratorios Britania s,a., 2021); medio Gelatina, el cual permite identificar microorganismos con actividad gelatinasa, evidenciada por la licuefacción del medio (Condalab, 2021); la prueba Oxidación-Fermentación (O/F) con Glucosa, usada determinar el metabolismo (oxidación, fermentación) de bacterias Gram negativas, es decir, si la bacteria oxida o fermenta carbohidratos (Condalab, 2025); el medio Sulfuro Indol Motilidad (SIM), que como su nombre lo indica evalúa tres características principales: la producción de sulfuro de hidrógeno (H_2S), la producción de indol y la motilidad bacteriana (Laboratorios Britania s,a., 2021); la prueba del indol, en este caso, fue efectuada mediante el caldo Triptófano, es utilizada para diferenciar microorganismos en base a la capacidad de degradar triptófano para producir indol, manifestándose con un anillo de color rojo tras añadir reactivo de Kovacs (Laboratorios Britania s,a., 2021); y finalmente, la prueba Rojo de Metilo y Voges-Proskauer (MR-VP) que indica la fermentación de glucosa mediante el rojo de metilo (MR) que detecta

la producción de ácidos y Voges-Proskauer (VP) que identifica la producción de acetoína (Laboratorios Britania s,a., 2021).

Todos los medios fueron incubados a 37ºC durante 24 a 48 horas, realizando observaciones en ambos tiempos. En la **Tabla 10** se presenta la interpretación de resultados de las pruebas bioquímicas utilizadas.

Tabla 10

Pruebas bioquímicas utilizadas para la identificación presuntiva

Prueba bioquímica	Interpretación de resultados
Citrato de Simmons	**Positivo:** Crecimiento bacteriano con un intenso color azul en el pico de flauta. **Negativo:** Ausencia de crecimiento y estancia del color verde del medio de cultivo.
TSI (Triple Sugar Iron)	**Superficie alcalina/profundidad ácida (pico rojo/fondo amarillo):** El microorganismo fermenta la glucosa. **Superficie ácida/Profundidad ácida (pico amarillo/fondo amarillo):** El microorganismo fermenta glucosa, lactosa y/o sacarosa. (Laboratorios Britania s,a., 2021)

Prueba bioquímica	Interpretación de resultados
Urea	**Superficie alcalina/Profundidad alcalina (pico rojo/fondo rojo):** El microorganismo no fermenta azúcares. La presencia de burbujas o la ruptura del medio de cultivo indican que el microorganismo produce gas. El ennegrecimiento del medio indica que el microorganismo produce ácido sulfhídrico. (Labotarorios Britania s,a., 2012) **Microorganismos que hidrolizan la urea:** El medio cambia a color rosado-rojizo. **Microorganismos que no hidrolizan la urea:** El medio de cultivo permanece de color amarillo. (Laboratorios Britania s,a., 2021)
Gelatina	**Positivo:** La gelatina se vuelve liquida. **Negativo:** La gelatina permanece sólida. (Condalab, 2021)

Prueba bioquímica	Interpretación de resultados
O/F (Oxidación-Fermentación)	**Fermentación:** Color amarillo en ambos tubos. **Oxidación:** Color amarillo solo en el tubo sin aceite. **Sin oxidación / fermentación:** No hay cambio de color en los tubos. (Condalab, 2025)
SIM (Sulfuro, Indol, Motilidad)	**Motilidad:** Presencia de turbidez o crecimiento más allá de la línea de siembra. **Producción de SH_2:** Ennegrecimiento del medio de cultivo a lo largo de la línea de siembra o en todo el medio. (Laboratorios Britania s,a., 2021)
Triptófano (Indol)	**Positivo:** Anillo de color rojo cereza en la parte superior del tubo al agregar reactivo de Kovacs. **Negativo:** El color del reactivo revelador permanece incoloro-amarillento. (Laboratorios Britania s,a., 2021)
MR-VP (Rojo de Metilo y Voges-Proskauer)	**Prueba del rojo de metilo:** Resultado positivo: color rojo. Resultado negativo: color amarillo.

Prueba bioquímica	Interpretación de resultados
	Prueba de Voges Proskauer: Resultado positivo: desarrollo de un color rojo en pocos minutos. Resultado negativo: ausencia de color rojo. (Laboratorios Britania s,a., 2021)

Nota. Elaboración propia con base en fichas técnicas de medios de cultivo de Britania (2025).

4.4 ENCUESTAS APLICADAS

Como complemento al análisis microbiológico se aplicó una encuesta dirigida a estudiantes, docentes y colaboradores relacionados con los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General, objeto de estudio. El propósito principal de este instrumento fue recopilar información sobre las percepciones de los riesgos biológicos y conocer posibles enfermedades o afectaciones asociadas a la calidad del ambiente de los laboratorios, así como informarse sobre los hábitos, medidas de prevención y condiciones ambientales percibidas por los usuarios.

La encuesta fue diseñada bajo un enfoque descriptivo (Universidad Pública de Navarra (UPNA), s.f), con 29 preguntas cerradas de opción múltiple, preguntas abiertas y preguntas tipo Likert, las cuales se agruparon en cuatro categorías principales: Acceso y uso de los laboratorios, seguridad y protección personal, condiciones ambientales y limpieza, problemas y afectaciones de salud. Dichas preguntas se presentan en el **Anexo A.**

4.4.1 Muestra estadística

Datos población

Para obtener la muestra de estadística se debe conocer el número de la población. Para ello se consideró el número total de estudiantes y personal adscrito a cada espacio. Dichos datos fueron obtenidos consultando directamente con la coordinación académica del proyecto curricular de Administración Ambiental, solicitando el número de estudiantes matriculados en los programas que desarrollan actividades en los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General, así como el personal docente y los colaboradores. En **Tabla 11** se presenta el número de usuarios para cada laboratorio y la suma total tenida en cuenta para el cálculo de la muestra estadística.

Tabla 11

Datos poblacionales

Usuarios	Laboratorio de Microbiología	Laboratorio de Química General	Laboratorio de Biología
Estudiantes	Administración Ambiental	Administración Ambiental	Ingeniería Sanitaria
	Tecnología en Saneamiento Ambiental	Ingeniería Sanitaria	Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos
	Ingeniería Sanitaria	Tecnología en Gestión Ambiental	

Usuarios	Laboratorio de Microbiología	Laboratorio de Química General	Laboratorio de Biología
		y Servicios Públicos Tecnología en Saneamiento Ambiental	Tecnología en Saneamiento Ambiental
Número de Estudiantes	Administración Ambiental	599	
	Ingeniería Sanitaria	313	
	Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos	266	
	Tecnología en Saneamiento Ambiental	184	
TOTAL ESTUDIANTES		**1362**	
Colaboradores	Responsable: 1		Responsable: 1

Usuarios	Laboratorio de Microbiología	Laboratorio de Química General	Laboratorio de Biología
	Auxiliares: 2	Responsable: 1	Auxiliar: 1
TOTAL COLABORADORES		**6**	
Docentes	4	5	4
TOTAL DOCENTES		**13**	
Personal de limpieza		2	
TOTAL PERSONAL LIMPIEZA		**2**	
TOTAL USUARIOS		**1383**	

Nota. Fuente: Coordinación Académica, proyecto curricular de Administración Ambiental, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2025.

Calculo Tamaño de la muestra

En este caso, como se conoce el tamaño de la población, se utilizó la siguiente fórmula para realizar el cálculo del tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N \times z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + z_a^2 \times p \times q}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

Z= Nivel de confianza

p= Probabilidad de éxito, o proporción esperada

q= Probabilidad de fracaso

d= Precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)

(Torres & Paz, s.f.)

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Nivel de Confianza: 95%
- Margen de error: 7%
- Distribución equivalente de éxito y fracaso: 0.5

Y para conocer el dato de la puntuación z o la desviación estándar se consultó la tabla de niveles de confianza, en la que se señala que para un nivel de confianza del 95% la desviación estándar es < -1,96 o > +1,96 (Esri, s.f.).

Tamaño de la muestra total

$$n = \frac{1383 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.07^2 \times (1383 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 172$$

En este sentido, la muestra estadística es de 172 encuestas para identificar las tendencias más relevantes relacionadas con los factores de riesgo biológico y la percepción de los usuarios de los laboratorios.

5. DESCRIPCIÓN DE CADA RESULTADO EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PROPUESTOS

A partir del desarrollo metodológico planteado, que incluyó la toma de muestras del aire por sedimentación, el aislamiento e identificación de microorganismos, la aplicación de pruebas bioquímicas y la realización de encuestas a los usuarios de los laboratorios, se reunió información relevante para responder al problema de investigación y dar cumplimiento con los objetivos específicos propuestos.

En este apartado se presentan los principales resultados obtenidos, teniendo en cuenta cada objetivo específico, con el fin de presentar la información adquirida durante el desarrollo de la investigación.

5.1 RESULTADO EN RELACIÓN CON EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO: DIAGNÓSTICO DE LOS LABORATORIOS

El diagnóstico de los laboratorios inició con una evaluación observacional de las condiciones generales de los laboratorios, que se realizó durante cada jornada de muestreo, en la que se consideraron aspectos como el orden, la limpieza, el número de usuarios presentes y la práctica que se encontraban realizando, teniendo en cuenta la manipulación de materiales y/o reactivos. Dichas variables fueron tenidas en cuenta para analizar los resultados y comprender su relación con la carga microbiana obtenida en cada muestreo.

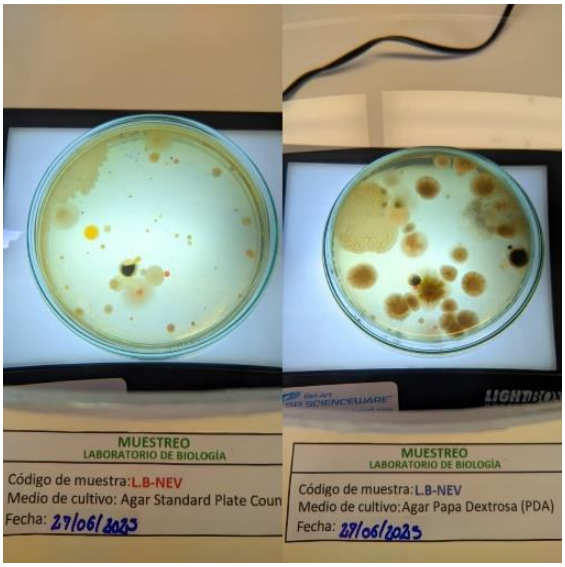
Asimismo, el diagnostico se realizó con base en las muestras ambientales recolectadas mediante el método de sedimentación por gravedad, tomadas con medios de cultivo SPC y PDA para la recuperación de bacterias, hongos y levaduras. Este procedimiento permitió determinar la carga microbiana presente en cada uno de los laboratorios, así como comparar las diferencias entre las jornadas con y sin presencia de usuarios.

5.1.1 Recuento de colonias recuperadas

El recuento de las colonias se realizó mediante el uso de un contador de colonias manual como se ilustra en la **Figura 8**, teniendo en cuenta las tres jornadas de muestreo realizadas en los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General, por lo que se obtuvieron diferentes valores de colonias recuperadas, evidenciando las diferencias en la carga microbiana presente en el ambiente de cada espacio.

Figura 8

Caja de Petri en contador de colonias



Nota. Registro fotográfico de Cajas de Petri en un contador de colonias. La imagen de la izquierda corresponde a una muestra tomada en agar SPC en la parte superior de la nevera del laboratorio de Biología, mientras que la foto de la derecha es de una muestra tomada en el mismo punto, pero en agar PDA.

En el laboratorio de microbiología, el recuento total fue de 69 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel bacteriano, 8 UFC/65 cm^2 /15 minutos para hongos y 48 UFC/65 cm^2 /15 minutos para levaduras en la primera jornada, con los mayores valores en los puntos I1-MA, I1-MB, I2-MA y OFI. Durante la segunda jornada, en la que el muestreo fue por triplicado, el crecimiento aumentó considerablemente con 493 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel bacteriano, 130 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel fúngico y 102 UFC/65 cm^2 /15 minutos correspondientes a levaduras, obteniendo una mayor carga microbiana en los puntos I2-MB,

I2-A, LAV e I1-A. Y en la tercera jornada, realizada por triplicado sin presencia de usuarios y en los puntos I1-MA e I1-MB con PDA, I2-MB, I2-A con SPC e I1-A y LAV tanto con SPC como con PDA (elegidos por ser los puntos con mayor carga microbiana en los barridos) se obtuvieron 61 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel bacteriano, 9 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel fúngico y 36 UFC/65 cm^2 /15 minutos de levaduras en total.

Por otro lado, en el laboratorio de Biología también se registraron altos niveles de contaminación ambiental. En la primera jornada se contaron 358 UFC/65 cm^2 /15 minutos para bacterias, 69 UFC/65 cm^2 /15 minutos para hongos y 79 UFC/65 cm^2 /15 minutos para levaduras, con mayores resultados en los puntos I2-MA, I2-MB, NEV y OFI. En la segunda jornada, los valores alcanzaron las 903 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel bacteriano en SPC, mientras que en PDA se contaron 236 UFC/65 cm^2 /15 minutos de hongos y 194 UFC/65 cm^2 /15 minutos de levaduras, siendo el punto de la nevera el de mayor concentración microbiana. Y en la tercera jornada, sin usuarios y en los puntos elegidos por presentar mayor carga microbiana (I1-A con SPC, I2-MA con PDA e I2-A, I3-A y NEV con SPC y PDA) se obtuvieron 207 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel bacteriano, 56 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel fúngico y 59 UFC/65 cm^2 /15 minutos correspondientes a levaduras.

Finalmente, en el laboratorio de química general, los valores iniciales fueron menores en comparación con el laboratorio de biología, registrándose 206 UFC/65 cm^2 /15 minutos para bacterias, 24 UFC/65 cm^2 /15 minutos para hongos y 99 UFC/65 cm^2 /15 minutos para levaduras, con los puntos I2-MA, I3-MA, I3-A y M-FON como los más representativos de esta primera jornada. En la segunda jornada, por triplicado, se encontraron 694 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel bacteriano, 225 UFC/65 cm^2 /15 minutos para hongos y 107 UFC/65 cm^2 /15 minutos para levaduras, reflejando un mayor resultado en los puntos I1-MA, I2-MB, I3-MB e I3-A. Y, por último, en la tercera jornada los valores obtenidos son 54 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel bacteriano, 23 UFC/65 cm^2 /15 minutos a nivel fúngico y 18 UFC/65 cm^2

/15 minutos para levaduras en los puntos de I1-MA para SPC, I2-A para PDA e I2-MB, I3-MB e I3-A tanto para SPC como PDA.

Las **Tablas 12 a 24** presentan detalladamente los valores obtenidos en cada jornada de muestreo para cada laboratorio y tipo de medio, evidenciando el resultado tanto de mesófilos, como de hongos y levaduras, además los puntos más críticos.

Tabla 12

Resultados del barrido inicial del Laboratorio de Microbiología con usuarios

Barrido Inicial – Laboratorio de Microbiología **CON USUARIOS** (05/05/25)										
Código muestra		I1-MA	I1-MB	I1-A	I2-MA	I2-MB	I2-A	PREP	OFI	LAV
SPC	Bacterias	11	10	8	10	8	5	4	11	2
PDA	Hongos	3	4	0	0	0	1	0	0	0
	Levaduras	3	6	11	9	4	3	4	5	3

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 13

Resultados del barrido por triplicado del Laboratorio de Microbiología con usuarios

Barrido por triplicado – Laboratorio de Microbiología CON USUARIOS (11/06/25)										
Código muestra		I1-MA	I1-MB	I1-A	I2-MA	I2-MB	I2-A	PREP	OFI	LAV
SPC	Bacterias	45	32	73	27	100	78	16	33	89
PDA	Hongos	20	11	22	14	9	17	11	11	15
	Levaduras	14	17	14	11	14	2	12	5	13

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 14

Resultados del muestreo por triplicado del Laboratorio de Microbiología sin usuarios

Muestreo por triplicado – Laboratorio de Microbiología SIN USUARIOS (27/06/25)							
Código muestra		I1-MA	I1-MB	I1-A	I2-MB	I2-A	LAV
SPC	Bacterias	N/A	N/A	28	10	18	89
PDA	Hongos	0	3	4	N/A	N/A	15
	Levaduras	5	21	4	N/A	N/A	13

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 15

Resultados del barrido inicial en los mesones del Laboratorio de Biología con usuarios

Barrido Inicial – Laboratorio de Biología CON USUARIOS (26/05/25)										
		Mesones								
Código muestra		I1-MA	I1-MB	I1-A	I2-MA	I2-MB	I2-A	I3-MA	I3-MB	I3-A
SPC	Bacterias	25	11	23	30	47	16	21	14	2
PDA	Hongos	7	5	7	6	4	6	3	2	0
	Levaduras	3	1	4	4	6	9	7	5	3

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 16

Resultados del barrido inicial de las áreas auxiliares del Laboratorio de Biología con usuarios

Barrido Inicial – Laboratorio de Biología

CON USUARIOS

(26/05/25)

		Áreas auxiliares				
Código muestra		NEV	TINC	ALM	OFI	M-ENTR
SPC	Bacterias	57	19	25	37	7
PDA	Hongos	13	2	1	7	1
	Levaduras	5	5	4	8	10

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 17

Resultados del barrido por triplicado en los mesones del Laboratorio de Biología con usuarios

Barrido por triplicado – Laboratorio de Biología

CON USUARIOS

(16/06/25)

		Mesones								
Código muestra		I1-MA	I1-MB	I1-A	I2-MA	I2-MB	I2-A	I3-MA	I3-MB	I3-A
SPC	Bacterias	41	65	66	50	48	91	26	24	66
PDA	Hongos	5	14	6	9	7	11	8	5	18
	Levaduras	8	14	9	21	17	22	9	10	21

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 18

Resultados del barrido por triplicado en las áreas auxiliares del Laboratorio de Biología con usuarios

Barrido por triplicado – Laboratorio de Biología
CON USUARIOS
(16/06/25)

		Áreas auxiliares				
Código muestra		NEV	TINC	ALM	OFI	M-ENTR
SPC	Bacterias	233	32	32	63	66
PDA	Hongos	128	6	8	6	5
	Levaduras	37	7	7	7	5

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 19

Resultados del muestreo por triplicado del Laboratorio de Biología sin usuarios

Muestreo por triplicado – Laboratorio de Biología SIN USUARIOS (16/06/25)						
Código muestra		I1-A	I2-MA	I2-A	I3-A	NEV
SPC	Bacterias	43	N/A	34	29	101
PDA	Hongos	N/A	3	5	1	47
	Levaduras	N/A	17	6	10	26

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 20

Resultados del barrido inicial en los mesones del Laboratorio de Química General con usuarios

Barrido Inicial – Laboratorio de Química General

CON USUARIOS

(04/06/25)

		Mesones								
Código muestra		I1-MA	I1-MB	I1-A	I2-MA	I2-MB	I2-A	I3-MA	I3-MB	I3-A
SPC	Bacterias	11	12	13	18	9	9	35	15	27
PDA	Hongos	1	1	1	0	1	4	4	2	4
	Levaduras	2	7	8	6	18	9	9	6	11

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 21

Resultados del barrido inicial en las áreas auxiliares del Laboratorio de Química General con usuarios

Barrido Inicial – Laboratorio de Química General
CON USUARIOS
(12/06/25)

Código muestra		Áreas auxiliares OFI	MU-ENTR	M-MED	M-FON
SPC	Bacterias	15	4	14	24
PDA	Hongos	3	1	0	2
	Levaduras	8	4	4	7

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 22

Resultados del barrido por triplicado en los mesones del Laboratorio de Química General con usuarios

Barrido por triplicado – Laboratorio de Química General

CON USUARIOS

(12/06/25)

Código muestra		Mesones								
		I1-MA	I1-MB	I1-A	I2-MA	I2-MB	I2-A	I3-MA	I3-MB	I3-A
SPC	Bacterias	68	27	60	35	77	44	47	65	109
PDA	Hongos	6	11	7	3	15	11	7	53	10
	Levaduras	3	4	4	5	17	11	8	12	13

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 23

Resultados del barrido por triplicado en las áreas auxiliares del Laboratorio de Química General con usuarios

Barrido por triplicado – Laboratorio de Química General CON USUARIOS (12/06/25)					
		Áreas auxiliares			
Código muestra		OFI	MU-ENTR	M-MED	M-FON
SPC	Bacterias	65	33	21	43
PDA	Hongos	10	5	12	10
	Levaduras	9	3	6	12

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 24

Resultados del muestreo por del Laboratorio de Química General sin usuarios

Muestreo por triplicado – Laboratorio de Química General SIN USUARIOS (04/07/25)						
Código muestra		I1-MA	I2-MB	I2-A	I3-MB	I3-A
SPC	Bacterias	12	16	N/A	12	14
PDA	Hongos	N/A	5	4	9	5
	Levaduras	N/A	4	3	4	7

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

5.1.2 Relación entre los factores del entorno del laboratorio con las bacterias recuperadas durante los muestreos

La **Tabla 25** consolida la trazabilidad operativa de las prácticas académicas desarrolladas en los tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas durante el periodo analizado, permitiendo visualizar patrones claros de participación y carga técnica. El Laboratorio de Biología, con la mayor afluencia estudiantil (20–26 estudiantes), concentró actividades de corte conceptual y observacional, fotosíntesis, clasificación del reino vegetal y protistas, así como extracción de ADN. orientadas al fortalecimiento de competencias en análisis morfológico y comprensión de procesos fisiológicos. En contraste, el Laboratorio de Microbiología mantuvo grupos más reducidos (14–15 estudiantes) y

desarrolló prácticas altamente técnicas como siembra por superficie, conteo de colonias y control microbiológico del agua, todas vinculadas a habilidades en manipulación estéril, cuantificación microbiana y aseguramiento de calidad. Finalmente, el Laboratorio de Química General registró los aforos más bajos (6–8 estudiantes), coherentes con un entorno de trabajo más controlado, donde se ejecutaron procedimientos como manipulación de reactivos, titulaciones ácido–base y preparación de soluciones, actividades que exigen un manejo cuidadoso y un enfoque riguroso en seguridad química. En conjunto, los datos permiten evaluar demanda, eficiencia operativa y diversidad metodológica en cada laboratorio, aportando una base sólida para la toma de decisiones académicas y administrativas. La siguiente tabla consolida el registro de las prácticas realizadas, indicando la fecha de ejecución y el número de estudiantes que participaron en cada sesión:

Tabla 25

Datos de prácticas realizadas en laboratorios

Barrido Inicial			
Laboratorio	Fecha	Número de Usuarios	Practica realizada
Laboratorio de Biología	26/05/2025	26	Fotosíntesis Reino vegetal Protistas
Laboratorio de Microbiología	05/05/2025	15	Siembra por superficie

Laboratorio de Química	04/06/2025	8	Manipulación de reactivos
Segundo Barrido			
Laboratorio	Fecha	Número de Usuarios	Practica realizada
Laboratorio de Biología	16/06/2025	26	Artrópodos
Laboratorio de Microbiología	11/06/2025	15	Conteo de colonias (UFC
Laboratorio de Química	12/06/2025	6	Titulaciones ácido–base
Muestreo sin usuarios			
Laboratorio	Fecha	Número de Usuarios	Practica realizada
Laboratorio de Biología	27/06/2025	0	N/A
Laboratorio de Microbiología	27/06/2025	0	N/A
Laboratorio de Química	04/07/2025	0	N/A

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Esta información contextualiza las condiciones reales en las que se desarrollaron las actividades de laboratorio, facilitando la interpretación de los resultados y la correlación con aspectos como la dinámica de uso del espacio, el tipo de procedimientos efectuados y la carga poblacional presente.

5.1.3 Caracterización macroscópica de colonias bacterianas

El análisis macroscópico de las colonias bacterianas es clave para observar las diferencias notables en su morfología. Las variaciones en tamaño, forma, color, elevación, borde y textura demuestran la diversidad microbiana presente en el ambiente lo cual permitió enumerar las colonias diferenciadas según sus características morfológicas, obteniendo un total de ciento veintiséis (126) colonias registradas en los tres laboratorios, dicho resultado refleja la alta carga microbiana presente en el ambiente de estas áreas y sugiere una exposición importante a microorganismos ambientales.

En general, se identificaron colonias de aspecto cremoso, de forma circular, puntiforme, ameboide, rizoide e irregular, de distintos colores y de varios tamaños. Respecto a la textura y consistencia se observaron colonias secas y grasosas; en cuanto al borde se registraron principalmente enteros, enrollados y filamentosos. Finalmente, las elevaciones variaron entre planas, convexas, pulvinadas y ligeramente umbonadas, siendo además frecuentes las colonias con centro definido. En la **Tabla 26** se presentan las características macroscópicas observadas, el análisis, así como el número que identifica a cada cepa.

Tabla 26

Características macroscópicas de las colonias identificadas

Cepa	Características macroscópicas
1	Colonia de forma circular de color amarillo brillante con textura grasosa, elevación convexa, borde ondulado y de tamaño grande.
2	Colonia con forma circular de color amarillo brillante con ombligo color piel, de textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de gran tamaño.
3	Colonia de forma circular de color rosado claro brillante, textura grasosa, elevación convexa con borde entero de tamaño grande.
4	Colonia de forma circular, color rosado fuerte brillante, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de tamaño mediano.
5	Colonia circular de color rosado fuerte brillante, textura grasosa, elevación convexa con borde entero y de tamaño pequeño.
6	Colonia puntiforme de color rosado claro con textura grasosa, elevación convexa y borde entero.
7	Colonia de forma circular, color rosado claro brillante con textura grasosa, elevación convexa, borde ondulado y de tamaño mediano.
8	Colonia de forma circular, color fucsia brillante, textura grasosa, elevación convexa con borde ondulado y de tamaño mediano.

Cepa	Características macroscópicas
9	Colonia circular con centro definido de color piel brillante con textura grasosa, elevación plana, borde entero y de tamaño grande.
10	Colonia circular de color piel brillante con textura grasosa, elevación convexa, borde entero y tamaño mediano.
11	Colonia de forma circula de color amarillo con textura seca, elevación umbonada, borde ondulado y de tamaño mediano.
12	Colonia de forma circular de color amarillo brillante con textura grasosa de elevación convexa, borde ondulado y tamaño mediano.
13	Colonia puntiforme de color amarillo brillante, textura grasosa, elevación convexa y borde entero.
14	Colonia circular de color amarillo brillante con ombligo de color beige claro de textura grasosa, elevación convexa con borde entero y tamaño pequeño.
15	Colonia de forma circular, color amarillo brillante de textura grasosa, elevación convexa, borde ondulado y tamaño pequeño.
16	Colonia de forma fusiforme, amarilla transparentosa con textura viscosa, elevación elevada, borde enrollado y de tamaño grande.
17	Colonia de forma ameboide, color amarillo con centro definido de color rosado, textura grasosa, elevación convexa, borde ondulado y de tamaño mediano.

Cepa	Características macroscópicas
18	Colonia de forma ameboide, color amarillo con centro definido de color rosado, textura grasosa, elevación convexa, borde ondulado y tamaño grande.
19	Colonia de forma circular, color crema transparentoso brillante de textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de tamaño mediano.
20	Colonia de forma circular con centro definido, color crema de textura seca, borde ondulado, elevación plana y de gran tamaño.
21	Colonia de forma circular, color crema brillante, textura grasosa, elevación elevada y borde ondulado.
22	Colonia de forma ameboide, color crema brillante de textura grasosa, elevación pulvinada, borde enrollado y de gran tamaño.
23	Colonia de forma ameboide, color crema brillante, elevación plana, borde enrollado y de gran tamaño.
24	Colonia de forma ameboide, color crema brillante, textura grasosa, elevación pulvinada, borde enrollado y tamaño mediano.
25	Colonia de forma circular, color blanco brillante de borde filamentoso, elevación plana y tamaño pequeño.
26	Colonia de forma circular, color blanco brillante de borde entero, elevación convexa y de tamaño pequeño.

Cepa	Características macroscópicas
27	Colonia de forma irregular, color crema opaco, textura seca, elevación pulvinada y borde crenado.
28	Colonia circular con centro definido, de color blanco, textura seca, borde ondulado, elevación plana y tamaño mediano.
29	Colonia de forma circular con centro definido, de color blanco, textura grasosa, borde entero, elevación plana y tamaño mediano.
30	Colonia fusiforme de color crema, textura grasosa, borde entero, elevación plana.
31	Colonia circular con centro definido de color crema, textura grasosa con borde entero, elevación umbonada y de tamaño pequeño.
32	Colonia de forma circular, color amarillo, textura grasosa, borde entero, elevación plana y de tamaño grande.
33	Colonia circular con centro definido, de color blanco, textura seca, borde ondulado, elevación plana y de tamaño pequeño.
34	Colonia de forma circular de color amarillo, textura grasosa, borde entero, elevación convexa y tamaño pequeño.
35	Colonia de forma circular, color amarillo, textura grasosa, borde entero, elevación plana y tamaño mediano.

Cepa	Características macroscópicas
36	Colonia de forma fusiforme de color amarillo fuerte, textura grasosa, borde ondulado, elevación convexa y tamaño mediano.
37	Colonia de forma circular de color naranja, textura grasosa, borde entero, elevación convexa y tamaño mediano.
38	Colonia circular de color naranja, textura grasosa, borde entero, elevación convexa y tamaño pequeño.
39	Colonia de forma ameboide, color amarillo, textura grasosa, borde lobulado, elevación plana y de gran tamaño.
40	Colonia de forma ameboide de color blanco, textura seca, borde enrollado, elevación plana y de gran tamaño.
41	Colonia de forma ameboide, color crema, textura grasosa, borde crenado elevación plana y de gran tamaño.
42	Colonia de forma circular, color crema con centro definido de color naranja, textura grasosa, borde enrollado, elevación umbonada y de tamaño mediano.
43	Colonia puntiforme de color blanco, textura grasosa, elevación plana y borde entero.
44	Colonia puntiforme de color amarillo, textura grasosa, elevación plana y borde entero.

Cepa	Características macroscópicas
45	Colonia circular de color blanco con centro definido, textura grasosa, borde entero, elevación umbonada y tamaño pequeño.
46	Colonia de forma circular, color crema con centro definido, textura grasosa, borde filamentoso, elevación plana y tamaño pequeño.
47	Colonia circular de color fucsia, textura seca, borde entero, elevación umbonada y tamaño grande.
48	Colonia de forma circular de color fucsia, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de tamaño pequeño.
49	Colonia de forma circular, color amarillo brillante, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de gran tamaño.
50	Colonia de forma circular, color naranja, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de tamaño mediano.
51	Colonia de forma circular, color naranja, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de tamaño grande.
52	Colonia de forma fusiforme, color blanco, textura grasosa, borde entero, elevación plana y de gran tamaño.
53	Colonia de forma circular, color blanco transparentoso brillante, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de tamaño pequeño.

Cepa	Características macroscópicas
54	Colonia puntiforme de color blanco transparentoso brillante, textura grasosa, elevación convexa y borde entero.
55	Colonia de forma circular de color amarillo, textura grasosa, elevación plana, borde entero y de gran tamaño.
56	Colonia de forma circular, color fucsia, textura grasosa, elevación convexa, borde entero de gran tamaño.
57	Colonia de forma circular de color blanco, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de gran tamaño.
58	Colonia de forma circular, color fucsia, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y tamaño pequeño.
59	Colonia de forma fusiforme de color amarillo, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de tamaño pequeño.
60	Colonia de forma fusiforme, de color amarillo, textura grasosa, elevación convexa, borde crenado y tamaño grande.
61	Colonia de forma circular, de color blanco, textura grasosa, elevación plana, borde entero y tamaño pequeño.
62	Colonia de forma circular de color crema con centro definido, textura seca, borde ondulado, elevación plana y de tamaño grande.

Cepa	Características macroscópicas
63	Colonia de forma circular, color amarillo, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y de tamaño grande.
64	Colonia circular de color amarillo con centro definido, de textura grasosa, elevación plana, borde entero y de tamaño mediano.
65	Colonia de forma circular, de color rosado con centro de color amarillo, de textura grasosa con elevación convexa, borde entero y de tamaño pequeño.
66	Colonia de forma ameboide de color blanco con textura seca, elevación pulvinada y borde crenado.
67	Colonia de forma irregular de color crema, textura grasosa, elevación pulvinada y borde lobulado.
68	Colonia de forma irregular, color crema, textura seca, elevación pulvinada y borde lobulado.
69	Colonia de forma circular, color naranja, textura grasosa, elevación plana, borde entero y tamaño mediano.
70	Colonia de forma fusiforme de color rosado, textura seca, elevación pulvinada, borde enrolado y tamaño mediano.
71	Colonia de forma circular de color blanco transparentoso con centro definido, textura grasosa, elevación plana, borde entero y de tamaño pequeño.

Cepa	Características macroscópicas
72	Colonia de forma circular, color crema, con textura grasosa, de elevación convexa, borde entero y tamaño mediano.
73	Colonia de forma circular, color naranja transparentoso con gránulos internos, textura grasosa, elevación plana, borde entero y de tamaño mediano.
74	Colonia de forma circular, color naranja transparentoso con gránulos internos, de textura grasosa, elevación plana, borde entero y tamaño pequeño.
75	Colonia de forma circular de color rosado con centro definido, textura grasosa, elevada, borde entero y de tamaño mediano.
76	Colonia puntiforme de color rosado transparentoso con elevación convexa y borde entero.
77	Colonia de forma irregular de color blanco, textura seca con elevación pulvinada, borde ondulado y tamaño mediano.
78	Colonia de forma circular, color blanco transparentoso, elevación plana, textura grasosa, borde entero y tamaño pequeño.
79	Colonia de forma circular de color naranja transparentoso, elevación plana, textura grasosa, borde entero y de tamaño mediano.
80	Colonia de forma circular, color amarillo claro con centro definido, textura grasosa, elevación plana, borde entero y de tamaño mediano.

Cepa	Características macroscópicas
81	Colonia de forma circular, color naranja transparentoso de elevación convexa, textura grasosa, borde entero y tamaño pequeño.
82	Colonia de forma circular, color blanco transparentoso, elevación convexa, textura grasosa, borde entero y tamaño pequeño.
83	Colonia de forma rizoide, color blanco de textura grasosa, elevación plana, borde lobulado y tamaño mediano.
84	Colonia puntiforme de color naranja con textura grasosa, elevación convexa y borde entero.
85	Colonia de forma circular, color amarillo, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y tamaño mediano.
86	Colonia de forma circular, color naranja con centro definido, textura grasosa, elevación elevada, borde entero y tamaño mediano.
87	Colonia de forma circular, color fucsia, textura seca, borde entero, elevación umbonada y tamaño mediano.
88	Colonia circular de color naranja con centro definido, textura grasosa, elevación elevada, borde entero y de tamaño grande.
89	Colonia de forma circular, color amarillo, textura grasosa, elevación convexa, borde entero de tamaño muy grande.

Cepa	Características macroscópicas
90	Colonia de forma circular, color blanco transparentoso, textura grasosa, elevación umbonada, borde entero y de tamaño grande.
91	Colonia de forma fusiforme de color rosado, textura grasosa, elevación elevada, borde ondulado y de tamaño mediano.
92	Colonia de forma circular, color blanco con centro definido, textura grasosa, borde entero, elevación umbonada y de tamaño mediano.
93	Colonia puntiforme de color blanco, textura grasosa, borde entero y elevación convexa.
94	Colonia puntiforme de color fucsia con textura grasosa, elevación convexa y borde entero.
95	Colonia de forma circular, color rosado transparentoso, textura grasosa, elevación convexa, borde entero y tamaño pequeño.
96	Colonia de forma circular, color naranja con centro definido, textura grasosa con elevación umbonada, borde entero y de tamaño pequeño.
97	Colonia de forma circular de color blanco transparentoso, textura grasosa, elevación plana, borde entero y de tamaño mediano.
98	Colonia de forma circular de color naranja, textura grasosa, elevación pulvinada, borde enrollado y de gran tamaño.

Cepa	Características macroscópicas
99	Colonia de forma circular, color fucsia, textura grasosa, borde entero, elevación umbonada y de tamaño grande.
100	Colonia de forma circular de color amarillo, textura seca, borde crenado, elevación pulvinada y tamaño grande.
101	Colonia de forma circular, color amarillo con centro de color rosado de textura grasosa, elevación convexa y borde entero de tamaño muy grande.
102	Colonia de forma circular de color blanco transparentoso, textura grasosa, elevación plana, borde ondulado y de tamaño grande.
103	Colonia de forma circular, de color blanco, textura grasosa, elevación plana, borde entero y de gran tamaño.
104	Colonia de forma circular de color café, textura grasosa, elevación umbonada, borde lobulado y pigmento extracelular, debido a que el medio de cultivo cambia a color café.
105	Colonia de forma circular, color blanco brillante con centro definido, elevación plana de borde ondulado y de gran tamaño.
106	Colonia de forma circular, color fucsia, textura seca, borde entero, elevación umbonada y de tamaño pequeño.

Cepa	Características macroscópicas
107	Colonia de forma ameboide, color transparente de textura seca, elevación plana y borde ondulado.
108	Colonia de forma circular, color amarillo con centro definido de color transparente, textura grasosa, borde enrollado y elevación elevada.
109	Colonia de forma circular, color blanco transparentoso, textura grasosa, elevación plana y borde filamentoso.
110	Colonia de forma circular de color naranja con centro definido de color transparente, textura grasosa, borde enrollado y elevación elevada.
111	Colonia de forma ameboide de color rosa claro opaco, de textura seca, elevación pulvinada y borde lobulado.
112	Colonia de forma rizoide, color blanco, textura grasosa, elevación plana, borde lobulado y tamaño grande.
113	Colonia de forma fusiforme de color naranja, textura seca, elevación pulvinada, borde enrollado y tamaño grande.
114	Colonia de forma circular, color naranja con centro definido textura grasosa, elevación elevada, borde entero y tamaño grande.
115	Colonia de forma circular de color crema transparentoso, textura grasosa, elevación plana, borde entero y de tamaño grande.

Cepa	Características macroscópicas
116	Colonia de forma circular, color crema transparentoso, textura grasosa, elevación plana, borde entero y de tamaño pequeño.
117	Colonia de forma circular, color transparente con centro definido, textura grasosa, elevación plana, borde entero y tamaño mediano.
118	Colonia de forma circular, color crema transparentoso, textura grasosa, elevación plana, borde entero y tamaño mediano.
119	Colonia de forma circular de color rosa fuerte, textura grasosa, borde entero, elevación umbonada y de tamaño mediano.
120	Colonia de forma circular de color naranja con centro definido, textura grasosa, elevación elevada, borde entero y de gran tamaño.
121	Colonia de forma ameboide de color blanco con textura grasosa, elevación pulvinada, borde ondulado y de tamaño grande.
122	Colonia de forma circular con anillos concéntricos, color crema, textura seca, elevación pulvinada, borde ondulado y de tamaño mediano. flor de tres aritos
123	Colonia de forma circular de color amarillo con textura grasosa, elevación elevada, borde entero y de tamaño muy grande.
124	Colonia de forma circular, color naranja con textura grasosa, elevación plana de borde ondulado y de tamaño muy grande.

Cepa	Características macroscópicas
125	Colonia de forma circular, color crema con centro definido de color rosado, textura grasosa, elevación pulvinada, borde ondulado y tamaño mediano.
126	Colonia de forma circular, color crema de textura seca, elevación convexa, borde entero y tamaño mediano.

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

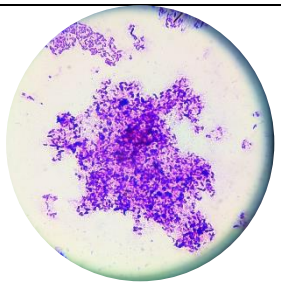
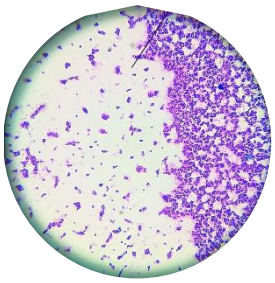
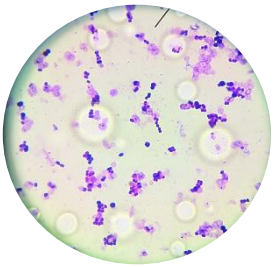
5.1.4 Caracterización microscópica de colonias bacterianas

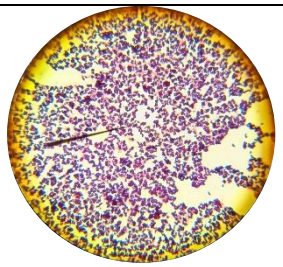
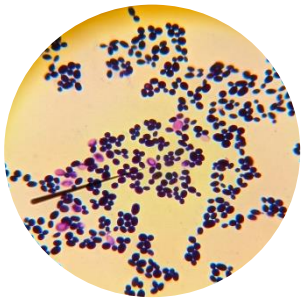
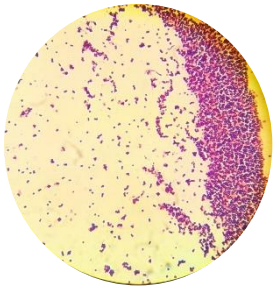
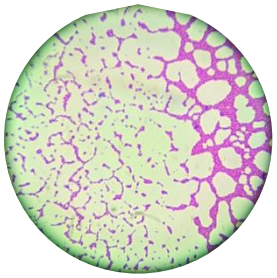
El análisis microscópico permitió obtener información más precisa sobre las características celulares de los microorganismos presentes (Hormazábal, 2016). Por medio de las tinciones de Gram se evidenció la existencia de, en su mayoría, bacterias Gram positivas y se obtuvieron únicamente tres (3) resultados de bacterias Gram negativas. Además, las formas cocáceas y bacilares predominaron.

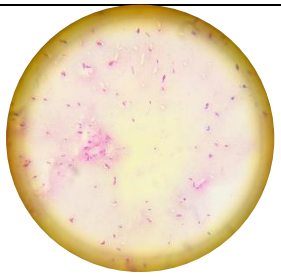
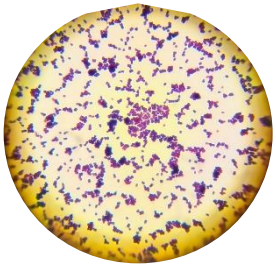
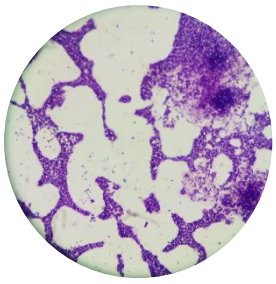
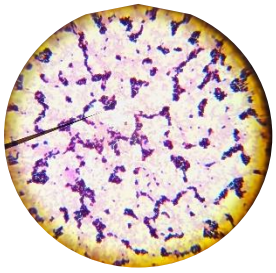
En la **Tabla 27** se presentan los resultados de la observación microscópica, donde se detalla la forma celular y la reacción tintorial correspondiente a cada cepa bacteriana.

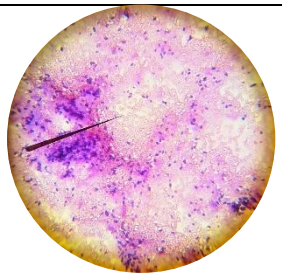
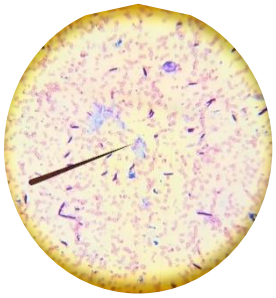
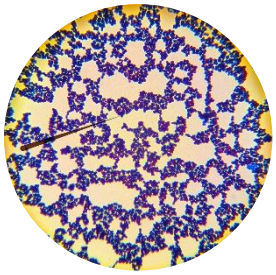
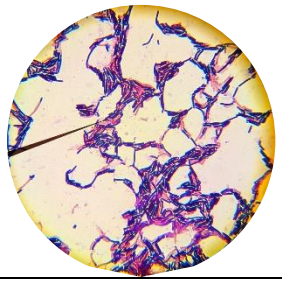
Tabla 27

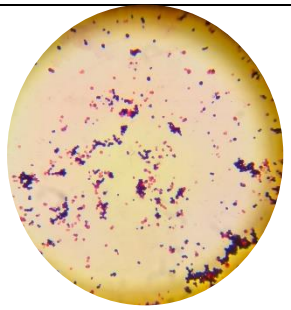
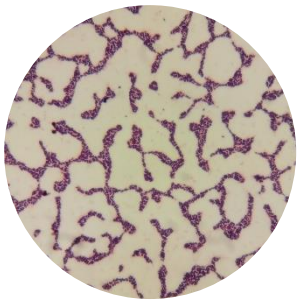
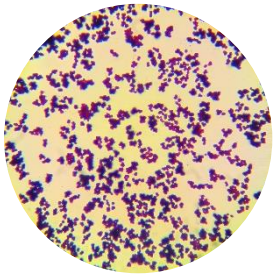
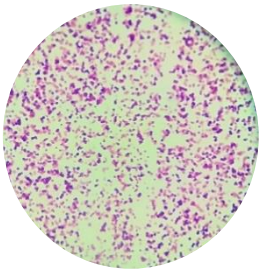
Observaciones microscópicas de tinciones de Gram

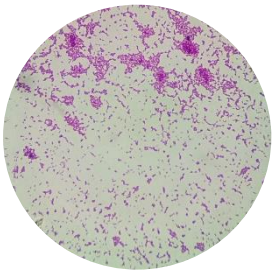
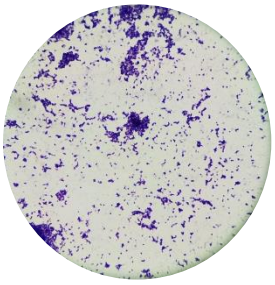
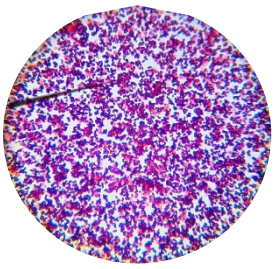
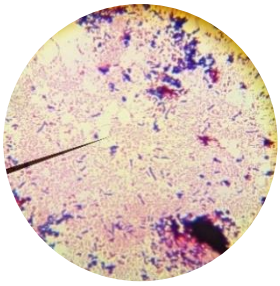
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
1	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
3	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
4	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

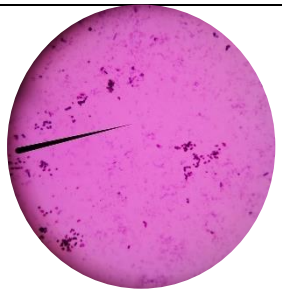
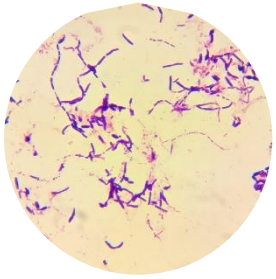
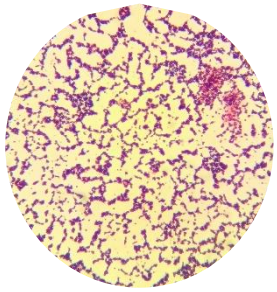
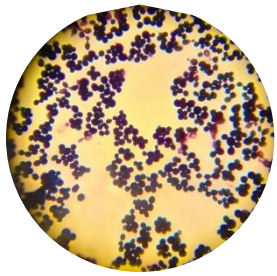
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
5	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
8	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
10	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
11	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

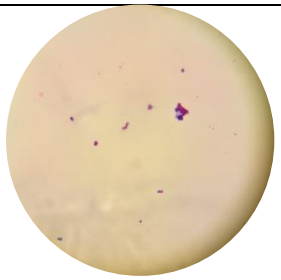
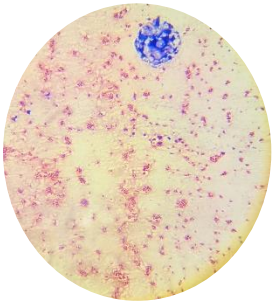
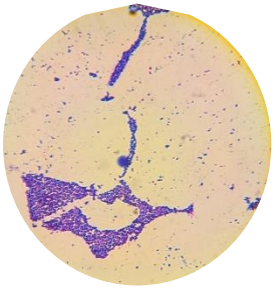
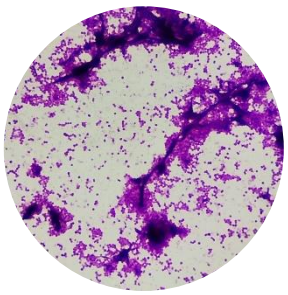
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
12	Bacilos	Individuales	Gram negativo (-)	
15	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
18	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
21	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

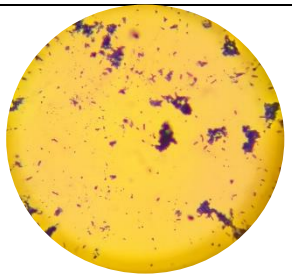
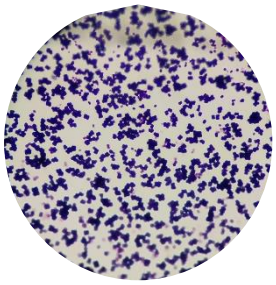
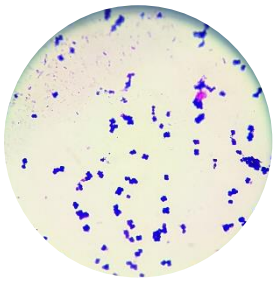
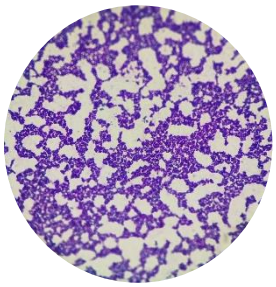
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
22	Cocobacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
23	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
26	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
29	Bacilos	Estreptobacilos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

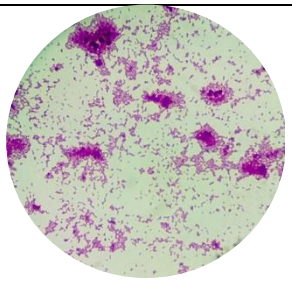
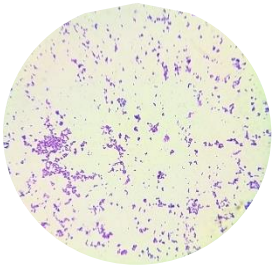
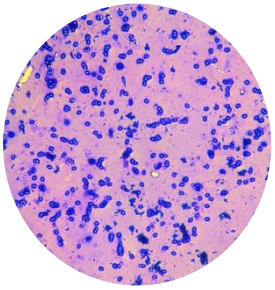
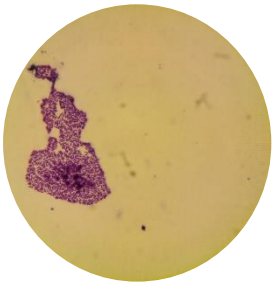
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
31	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
32	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	
34	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
35	Cocos	Diplococos (Pares)	Gram positivo (+)	

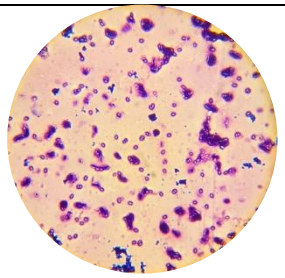
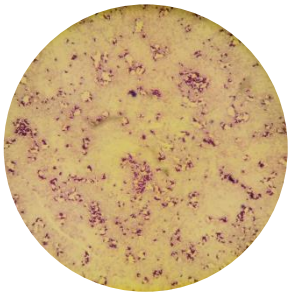
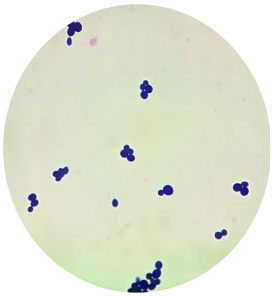
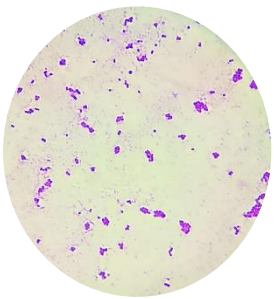
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
36	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
37	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	
38	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
39	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	

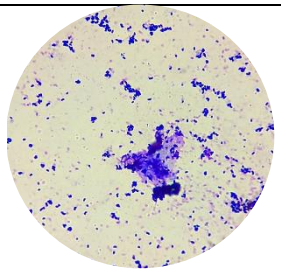
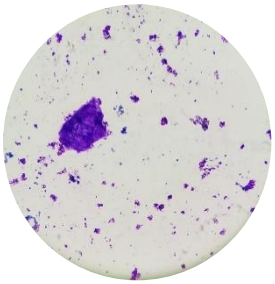
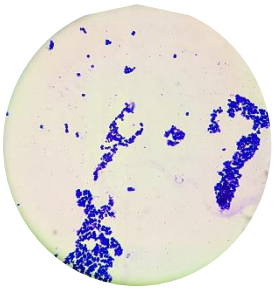
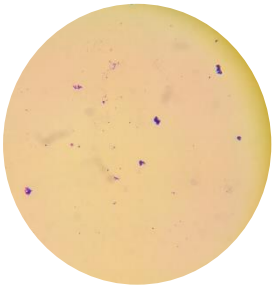
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
40	Cocos	Individuales	Gram positivo (+)	
41	Bacilos	Estreptobacilos (Cadenas)	Gram positivo (+)	
43	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	
47	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	

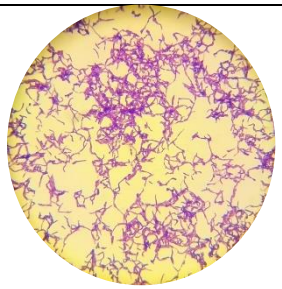
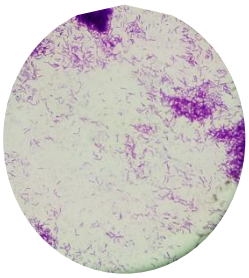
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
48	Cocos	Individuales	Gram positivo (+)	
49	Cocos	Individuales	Gram negativo (-)	
55	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
56	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	

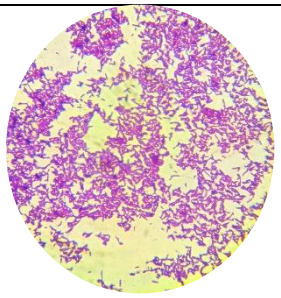
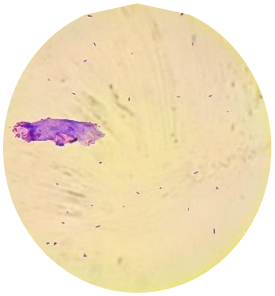
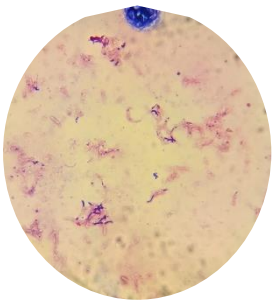
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
58	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
59	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
60	Cocos	Tétradas (Grupos de a cuatro)	Gram positivo (+)	
61	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

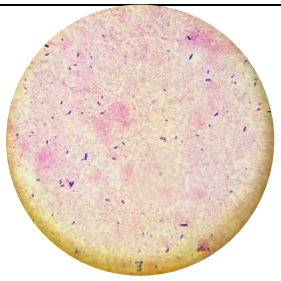
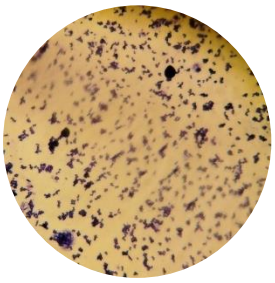
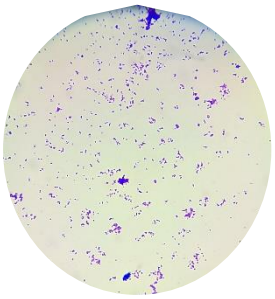
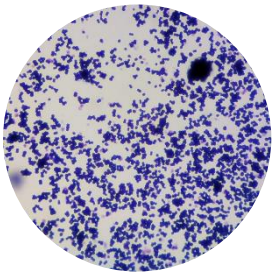
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
63	Bacilos	Individuales	Gram negativos (-)	
64	Cocos	Individuales	Gram positivo (+)	
66	Cocobacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
67	Bacilos	Agrupados	Gram positivo (+)	

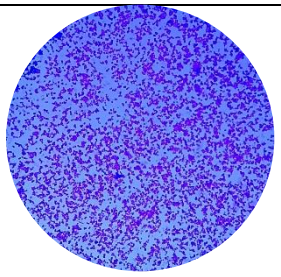
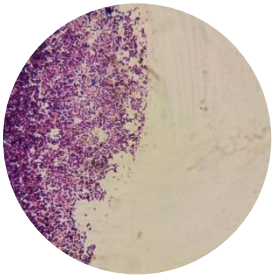
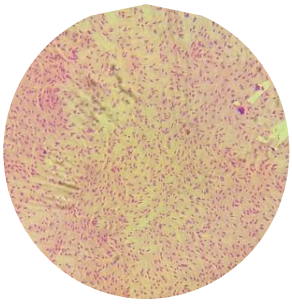
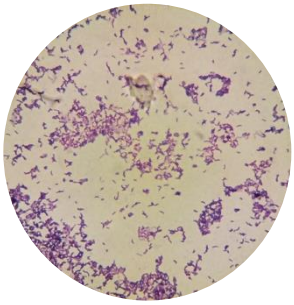
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
68	Cocos	Individuales	Gram positivo (+)	
69	Cocobacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
70	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
71	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	

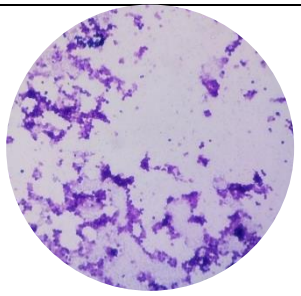
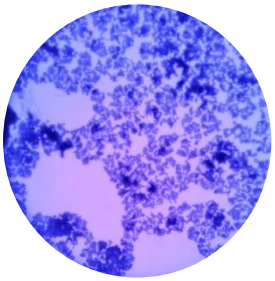
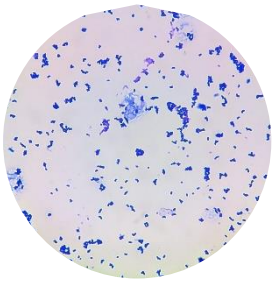
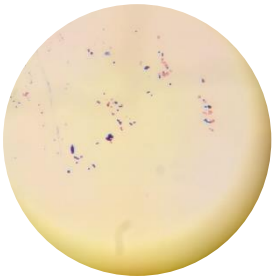
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
73	Cocos	Individuales	Gram positivo (+)	
74	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
75	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
76	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

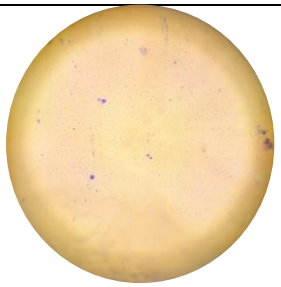
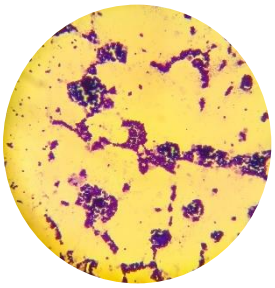
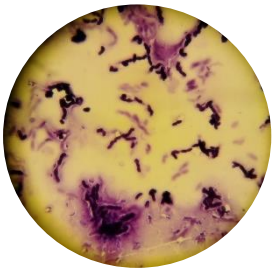
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
77	Bacilos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	
78	Cocos	Individuales	Gram positivo (+)	
79	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	

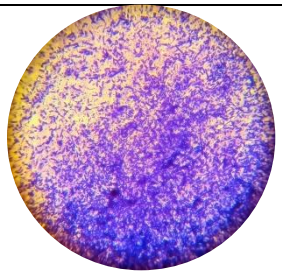
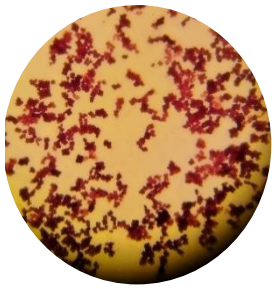
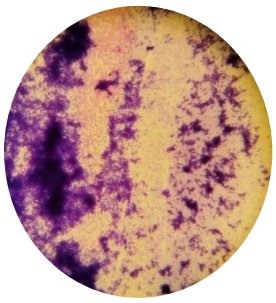
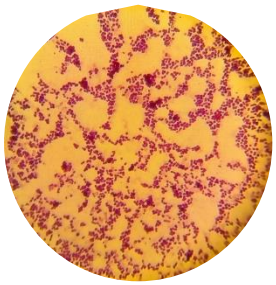
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
80	Bacilos	Estreptobacilos (Cadenas)	Gram positivo (+)	
81	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
82	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	

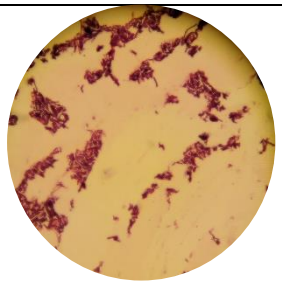
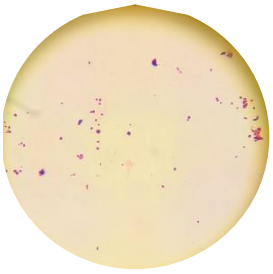
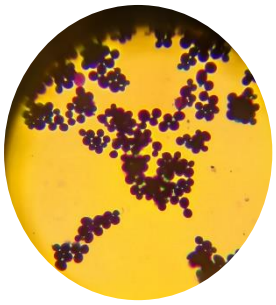
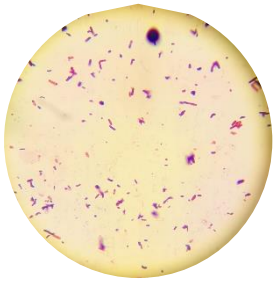
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
83	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
84	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
85	Cocos	Individuales	Gram positivo (+)	
86	Cocos	Diplococos (Pares)	Gram positivo (+)	

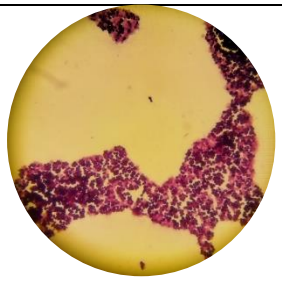
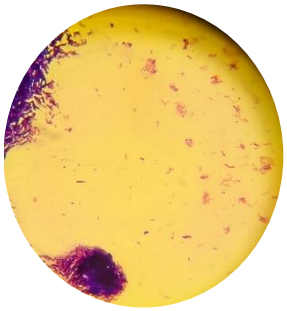
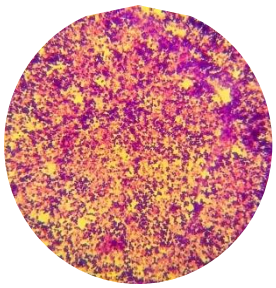
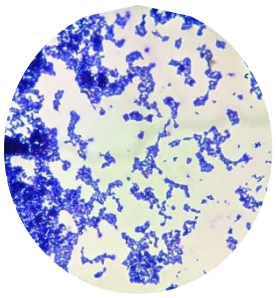
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
87	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	
88	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
89	Cocobacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
90	Cocobacilos	Individuales	Gram positivo (+)	

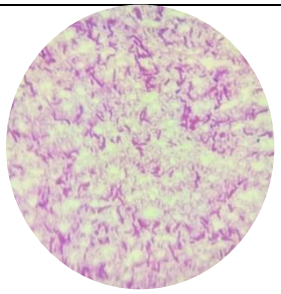
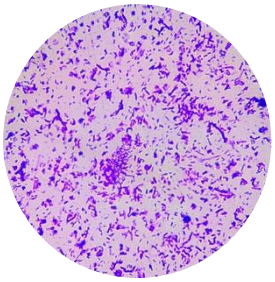
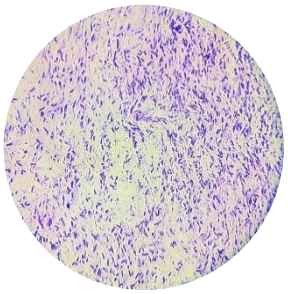
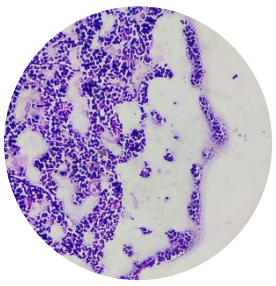
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
91	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
92	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
93	Cocos	Diplococos (Pares)	Gram positivo (+)	
94	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

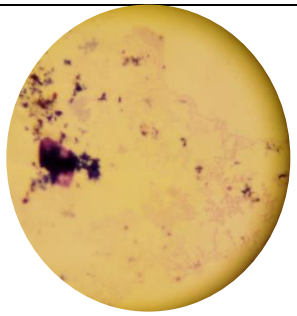
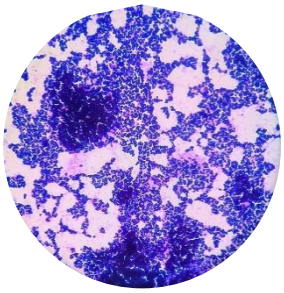
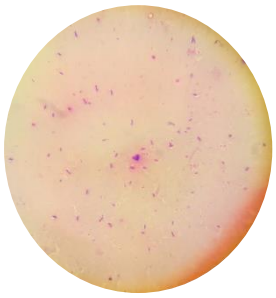
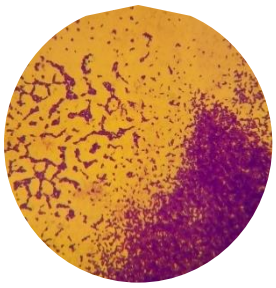
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
95	Cocos	Individuales	Gram positivo (+)	
96	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	
97	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
98	Bacilos	Estreptobacilos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

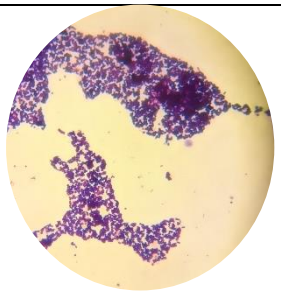
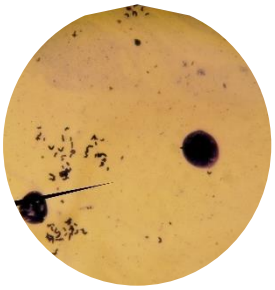
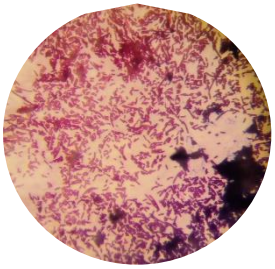
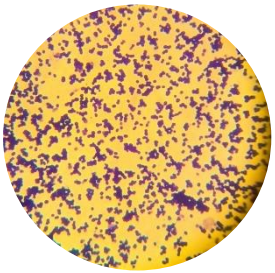
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
99	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
100	Cocos	Tétrada	Gram positivo (+)	
101	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
102	Cocos	Diplococos (Pares)	Gram positivo (+)	

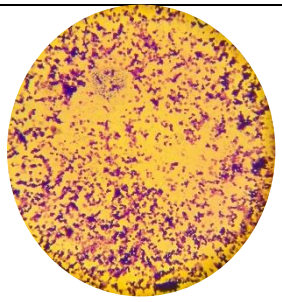
Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
103	Bacilos	Agrupados	Gram positivo (+)	
105	Cocos	Individuales	Gram positivo (+)	
106	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
107	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	

Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
108	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
109	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
110	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
111	Cocos	Diplococos (Pares)	Gram positivo (+)	

Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
112	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
113	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
114	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
115	Cocos	Diplococos (Pares)	Gram positivo (+)	

Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
116	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
117	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
118	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
120	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
122	Cocos	Estafilococos (Racimos)	Gram positivo (+)	
123	Bacilos	Empalizadas	Gram positivo (+)	
124	Bacilos	Individuales	Gram positivo (+)	
125	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

Cepa	Morfología celular	Disposición celular	Afinidad	Fotografía
127	Cocos	Estreptococos (Cadenas)	Gram positivo (+)	

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

5.1.5 Caracterización macroscópica de hongos y levaduras

La identificación de los aislados se efectuó mediante el análisis de las características macroscópicas del crecimiento fúngico, evaluando parámetros como el color, la morfología y el tiempo de desarrollo del micelio, de acuerdo con los criterios establecidos por (Hunter, 1998)

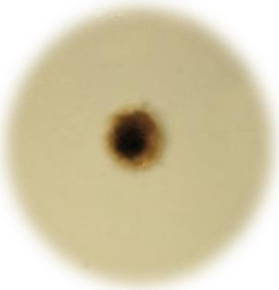
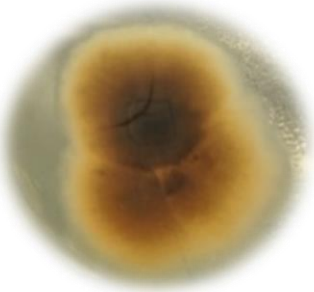
Las variaciones observadas en las colonias fúngicas se enumeraron y clasificaron los aislamientos con base en sus características morfológicas.

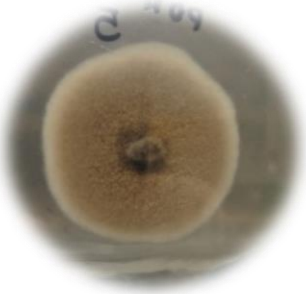
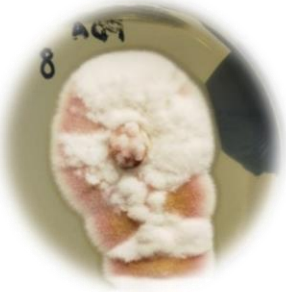
En este caso se registró un total de veintidós (22) aislamientos fúngicos provenientes de los tres laboratorios evaluados, la caracterización morfológica permitió describir con detalle las variaciones en la superficie anverso como en el reverso del cultivo. Estas diferencias evidencian la diversidad fúngica presente en el ambiente y reflejan una elevada carga de esporas y estructuras reproductivas suspendidas en el aire, lo cual sugiere una exposición significativa a microorganismos ambientales en las áreas analizadas.

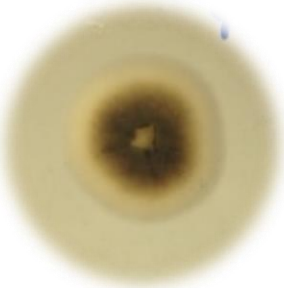
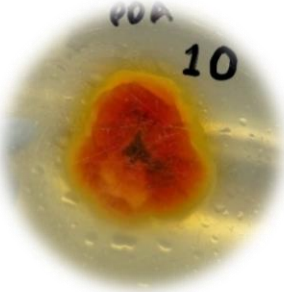
En la **Tabla 28** se presentan los resultados de la aislación fúngica donde se presentan fotos detalladas para lograr hacer una descripción de sus características Macroscópica.

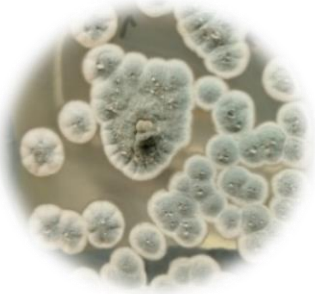
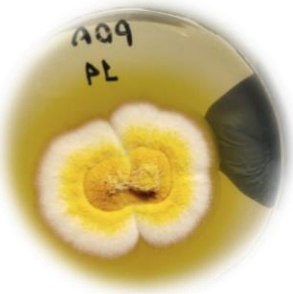
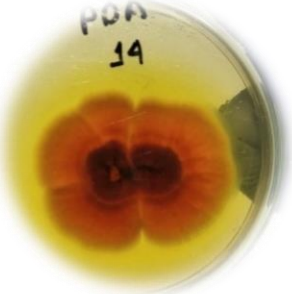
Tabla 28

Resultados macroscópicos aislación fúngica

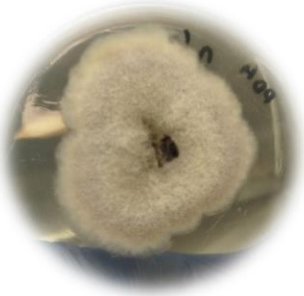
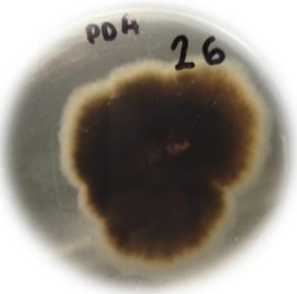
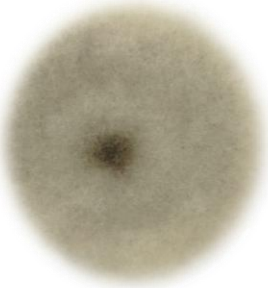
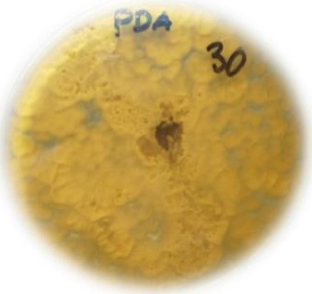
N° Cepa	Anverso	Reverso
3		
4		

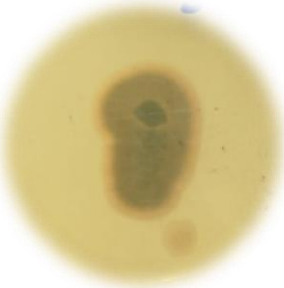
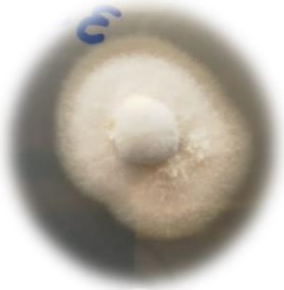
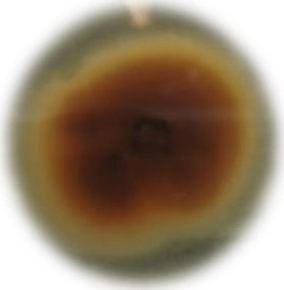
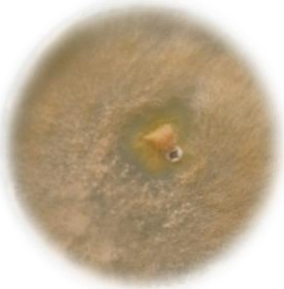
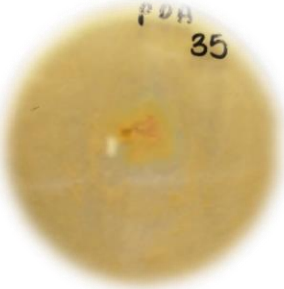
N° Cepa	Anverso	Reverso
5		
7		
8		

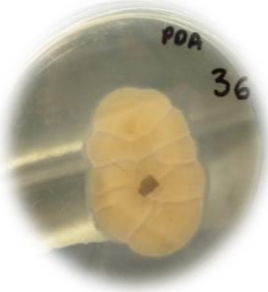
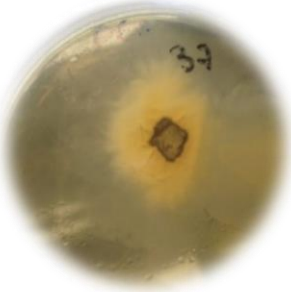
N° Cepa	Anverso	Reverso
9		
10		
11		

N° Cepa	Anverso	Reverso
13		
14		
16		

N° Cepa	Anverso	Reverso
19		
20		
21		

N° Cepa	Anverso	Reverso
26		
28		
30		

N° Cepa	Anverso	Reverso
33		
34		
35		

N° Cepa	Anverso	Reverso
36-1		
37		

Nota. Elaborado por Autoras, 2025

5.1.6 Características macroscópicas de Aislados Fúngicos

En la **Tabla 29** se presenta la caracterización macroscópica del aislamiento fúngico mostrados en la **Tabla 28,** incluyendo la observación de sus lados anverso y reverso, donde se registran aspectos como el color y la textura de la colonia

Tabla 29

Características macroscópicas del aislamiento fúngico

Cepa	Características macroscópicas de los Aislados Fúngicos (Anverso y reverso)
3	Colonia de forma irregular de color blanco, textura algodonosa elevada. Reverso café negruzco
4	Colonia irregular algodonosa de color grisáceo combinado con blanco y centro negro. Reverso café claro y borde blanco
5	Colonia circular verde blanquecino con borde blanco, textura lanosa elevada en su interior. Reverso blanco crema con anillos y centro café negruzco con estrías.
7	Colonia circular de color crema con formación de anillos circulares y bordes filamentosos, de textura plana con estría circular en su centro. Reverso crema con anillos café en el centro y blanco en su borde
8	Colonia circular de color Rosa brema textura algodonosa de color blanco, bordes filamentosos y plana. Reverso amarillo blanquecino con estría hacia el centro.
9	Colonia circular de color blanca plomiza y borde filamentoso color blanco, textura algodonosa. Reverso café negruzco y borde blanco cremoso.

Cepa	Características macroscópicas de los Aislados Fúngicos (Anverso y reverso)
10	Colonia irregular de color rosa pálido y borde blanco, textura lanosa algodonosa. Reverso rosado intenso, con borde blanquecino y amarillento capaz de cambiar el color del Agar.
11	Colonia circular de color blanco con borde irregular ondulado y textura algodonosa. Reverso amarillo blanquecino
13	Colonia circular de color verde y borde blanco, con formación de anillos elevados y textura polvorienta. Reverso blanco crema verdusco y con estrías en forma de estrella.
14	Colonia irregular de color rosa pálido y borde blanco, textura lanosa algodonosa. Reverso rosado intenso con estrías en forma de estrella, con borde blanquecino amarillento y capaz de cambiar el color del Agar.
16	Colonia irregular de color blanco con borde rizoide y textura algodonosa. Reverso amarillo blanquecino
19	Colonia oval con anillos de color verde limón y borde blanco, textura polvorienta algodonosa y estriada. Reverso amarillo degradándose a blanco hacia sus bordes.
20	Colonia de color verde y borde blanco, circular y textura polvorienta con formación de exudados de color verde claro. Reverso amarillo degradándose a blanco hacia sus bordes y con estrías hacia su centro.

Cepa	Características macroscópicas de los Aislados Fúngicos (Anverso y reverso)
21	Colonia oval verde oliva oscuro y borde blanco, textura polvorienta y estriada. Reverso café negruzco.
26	Colonia circular con anillos de color plomo, plomo blanquecino, textura polvorienta. Reverso con anillos filamentosos negro degradándose a café y borde blanco.
28	Colonia circular elevada de color gris pálido, de rápido crecimiento y textura algodonosa densa. Reverso color blanco crema con bordes filamentosos
30	Colonia irregular verde oliva oscuro de rápido crecimiento, textura polvorienta y lizo. Reverso blanco crema.
33	Colonia de color verde oliva oscuro y borde blanco, irregular con su centro y textura polvorienta. Reverso café oscuro y borde blanco cremoso.
34	Colonia circular de color blanco y borde crenado color blanco, textura algodonosa. Reverso café, café claro y borde blanco cremoso.
35	Colonia circular de color blanco crema, crecimiento rápido en menos de 24h sobre sale de la caja Petri, textura algodonosa. Reverso blanco crema

Cepa	Características macroscópicas de los Aislados Fúngicos (Anverso y reverso)
36-1	Colonia circular color amarillo cremoso con estrías que aparentan una estrella y borde filamentoso, textura cremosa filamentosa. Reverso blanco cremoso y con formación de estrías en su centro.
37	Colonia circular de color blanco con borde irregular ondulado y textura algodonosa. Reverso amarillo blanquecino

Nota. Elaborado por Autoras, 2025

5.1.7 Caracterización microscópica de hongos

Mediante la observación microscópica con tinción de azul de algodón en lactofenol, fue posible identificar estructuras morfológicas propias de diversos géneros fúngicos presentes en las muestras evaluadas. Esta técnica permitió una identificación presuntiva a nivel de género en la mayoría de los aislados.

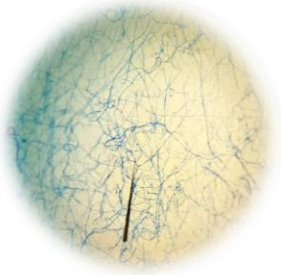
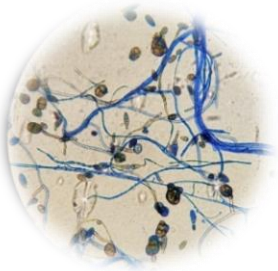
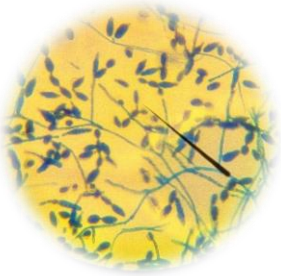
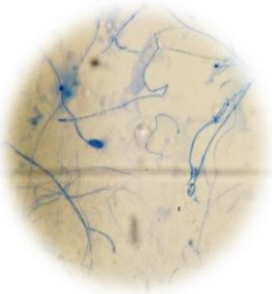
Los géneros más frecuentes fueron *Penicillium spp., Fusarium spp. y Mucor spp*., evidenciando una diversidad fúngica considerable en el ambiente muestreado. En algunos aislados como las cepas 16 y 37 se observaron hifas septadas sin estructuras reproductivas diferenciadas, lo cual impidió una identificación más precisa, posiblemente por limitaciones en el desarrollo del micelio o la madurez de las estructuras durante la observación.

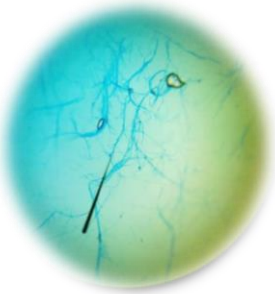
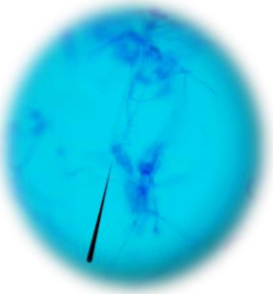
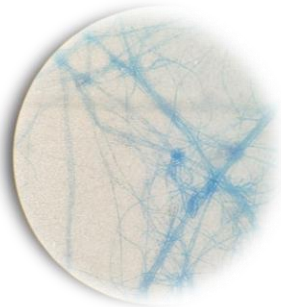
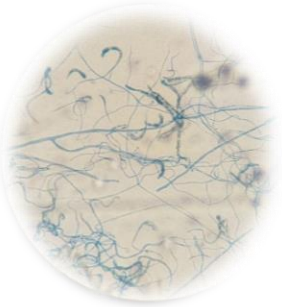
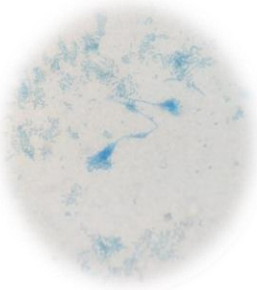
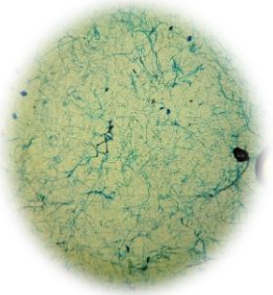
En la **Tabla 30** se presentan las observaciones microscópicas del aislamiento fúngico**,** obtenidas mediante tinción con azul de lactofenol. Esta observación permitió identificar

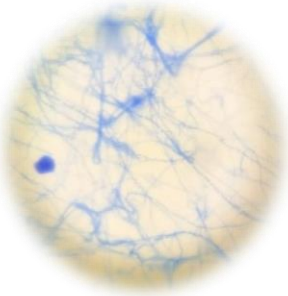
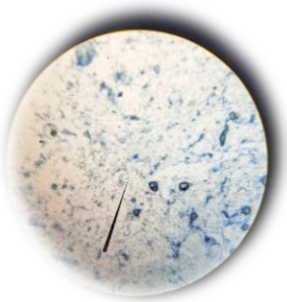
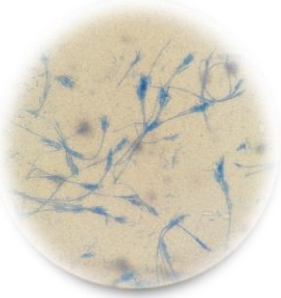
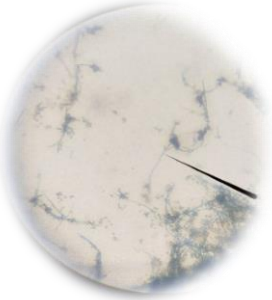
morfológicamente el género del hongo, complementando la caracterización macroscópica reportada en la **Tabla 29**.

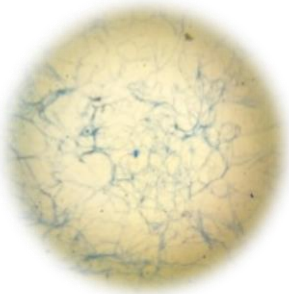
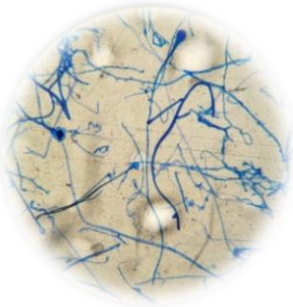
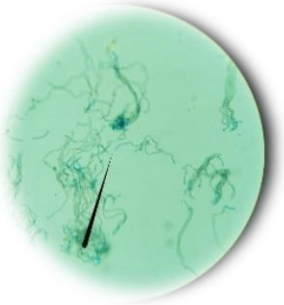
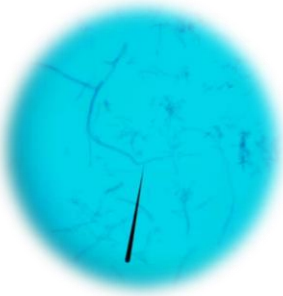
Tabla 30

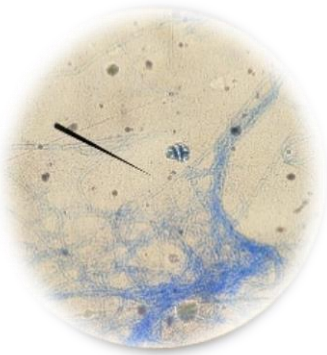
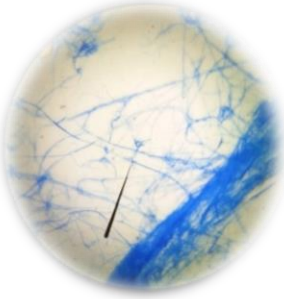
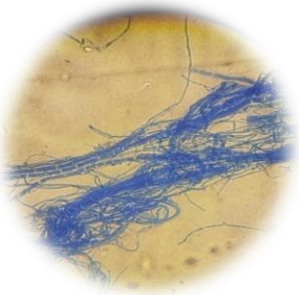
Observaciones microscópicas a 40X de los aislados Fúngicos

N° Cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*	N° cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*
3		*Mucor Spp.*	**4**		*Fusarium Spp.*
5		*Alternaria Epidermoohyton.*	**7**		*Fusarium Spp.*

N° Cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*	N° cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*
8		*Mucor Spp.*	**9**		*Mucor Spp.*
10		*Fusarium Spp.*	**11**		*Fusarium Spp.*
13		*Pënicillium Spp.*	**14**		*Mucor Spp.*

N° Cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*	N° cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*
16		*Hifas septadas.*	*19*		*Penicillium Spp.*
20		*Penicillium Spp.*	*21*		*Penicilium Spp.*

N° Cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*	N° cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*
26		*Aspergillius Spp Y Fusarium Spp.*	*28*		*Mucor Spp.*
30		*Penicillium Spp.*	*33*		*Penicillium Spp.*

N° Cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*	N° cepa	Tinción Azul de Algodón Lactofenol	*Nombre*
34		*Fusarium Spp.*	*35*		*Penicillium Spp y Mucor Spp*
36-1		*Alternaria Spp.*	*37*		*Hifas septadas.*

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

5.1.8 Caracterización macroscópica y microscópica de aislamiento de levaduras

Durante el proceso de aislamiento y caracterización de levaduras en medio PDA, se obtuvieron diversos cultivos con morfologías diferenciadas. No obstante, la identificación taxonómica a nivel de género y especie no se llevó a cabo en todos los casos, debido a que dicho procedimiento no formaba parte del alcance establecido para esta práctica, además de las limitaciones de tiempo disponibles para la aplicación de las pruebas bioquímicas

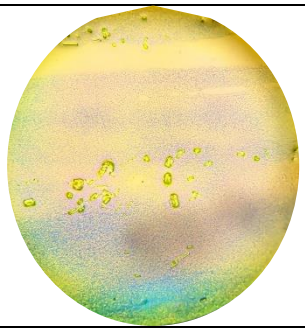
correspondientes. En total se obtuvieron cinco (5) aislamientos con morfología compatible con levaduras ambientales, los cuales fueron seleccionados para su posterior caracterización.

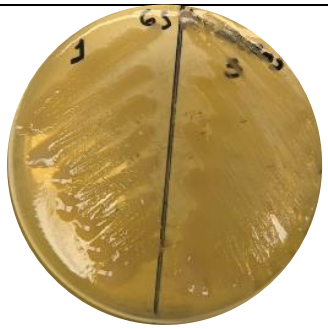
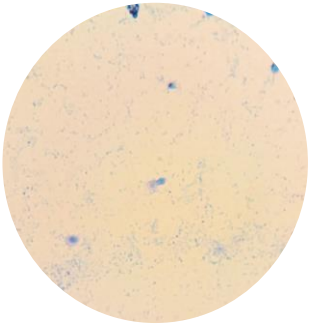
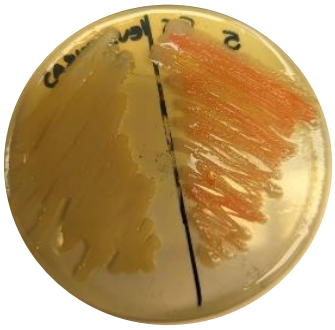
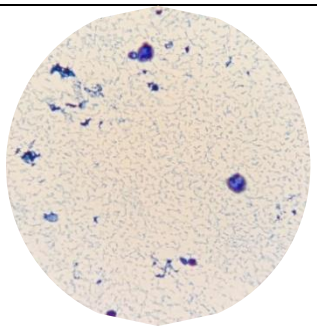
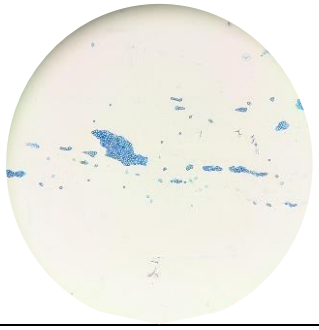
A pesar de ello, se realizó la caracterización macroscópica y microscópica de los aislamientos obtenidos, registrando sus principales rasgos morfológicos. En algunos casos particulares, como el aislamiento con pigmentación rosada, fue posible realizar una identificación presuntiva del género *Rhodotorula spp.,* basándose en sus características distintivas. Los resultados observados se presentan en las siguientes tablas.

En la **Tabla 31** se presentan los aislamientos de levaduras desarrolladas en el medio PDA a los cuales se les realizó la caracterización macroscópica y microscópica. Asimismo, se asignaron nombres de identificación, dado que no fue posible relacionar con precisión el género de las levaduras observadas.

Tabla 31

Caracterización Macroscópica y Microscópica de aislamiento de levaduras

N° levadura	Aislamiento de levadura macroscópica	Microscópica	Nombre
1.			**Levadura 1**

N° levadura	Aislamiento de levadura macroscópica	Microscópica	Nombre
1-3		**3.** 	**Levadura 3**
4-5		**4.**  **5.** 	**Levadura 4** ***Rhodotolura Spp.***

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

En la **Tabla 32** se presenta la descripción detallada de las características macroscópicas de los aislamientos de levaduras reportados en la **Tabla 31,** donde se registraron aspectos como el borde, color, textura, elevación y apariencia de las colonias observadas.

Tabla 32

Características macroscópicas de levaduras

Levadura	Características macroscópicas
1	Colonias circulares, bordes definidos, crecimiento uniforme de textura lisa brillante y ligeramente mucosa con elevación plana a convexa de color crema a blanco opaco
3	Colonias circulares, bordes bien delimitados, crecimiento compacto, de textura Lisa a rugosa de apariencia seca con elevación convexa a umbonada de color blanco amarillento
4	Colonia de color crema, superficie lisa y brillante, bordes regulares. Textura cremosa al tacto. Crecimiento moderado, con apariencia húmeda
5	Colonia de color salmón, brillante y circular, textura lisa, cremosas, con crecimiento rápido en el medio de cultivo.

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

5.1.8.1 Contaminantes

Durante el proceso de aislamiento bacteriano en medio SPC se presentó una contaminación generalizada que afectó de forma significativa el desarrollo del proyecto. En

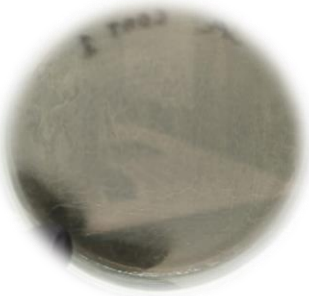
un primer momento se consideró que la causa podía deberse a una inadecuada preparación del medio o a malas prácticas de siembra; sin embargo, tras la verificación de los procedimientos y materiales utilizados, se descartó esta hipótesis. Posteriormente, se detectó la presunta presencia de una bacteria en el frasco del alcohol empleado para la desinfección, lo que pudo haber contribuido a la contaminación inicial.

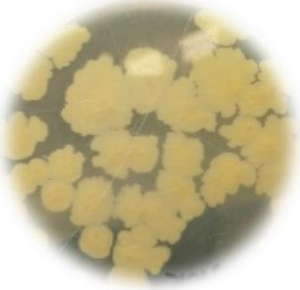
A medida que avanzaron las actividades de laboratorio, se iniciaron obras de construcción en las instalaciones, generando un aumento considerable de polvo y partículas en suspensión. Este factor ambiental favoreció la dispersión de esporas y microorganismos oportunistas, ocasionando la contaminación de la mayoría de las cajas de Petri provenientes tanto del muestreo original como de los nuevos aislamientos de bacterias. De un total de 126 bacterias inicialmente aisladas, solo 19 lograron aislar en condiciones óptimas, lo que evidencia un alto impacto negativo de la contaminación ambiental sobre los resultados del estudio, como se logra ver el **Anexo B.**

Ante esta situación, se procedió a aislar los microorganismos oportunistas que generaron la contaminación de las muestras, en medio SPC, denominados como "contaminantes", los cuales se presentan en la **Tabla 33**, con el fin de caracterizarlos microscópicamente mediante la tinción de Gram y la tinción de verde malaquita. Los resultados obtenidos se resumen en la **Tabla 34**.

Tabla 33

Aislamiento de los contaminantes de lado anverso y reverso

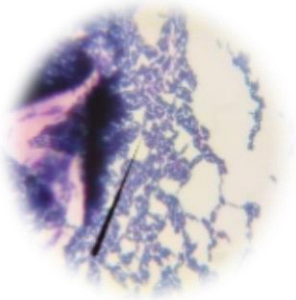
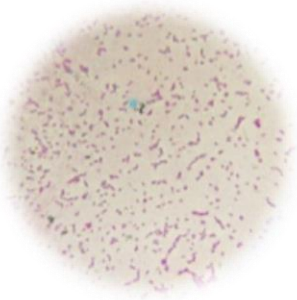
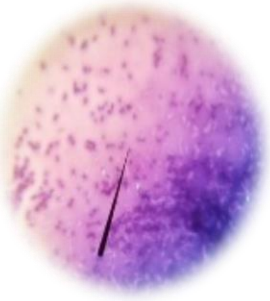
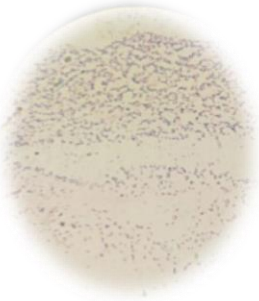
No Cepa	Anverso	Reverso
CONT 1		
CONT 2		
CONT 3		

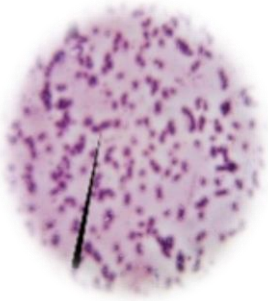
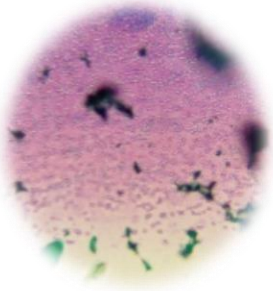
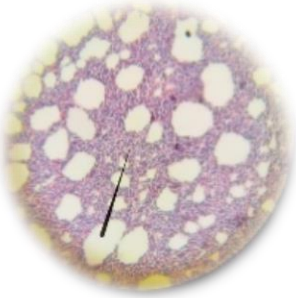
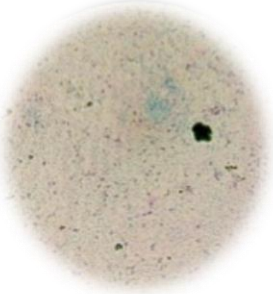
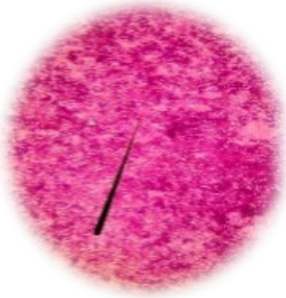
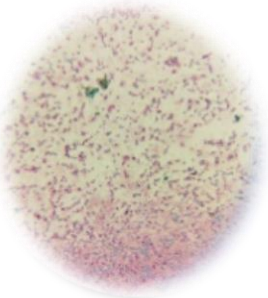
No Cepa	Anverso	Reverso
CONT 4		
CONT 5		

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Tabla 34

Microscopia de Tinciones en contaminantes

No Cepa	**Tinción de Gram**	**Tinción verde malaquita**
CONT 1		
CONT 2		

No Cepa	**Tinción de Gram**	**Tinción verde malaquita**
CONT 3		
CONT 4		
CONT 5		

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

En la **Tabla 35** se expone la identificación de los microorganismos contaminantes observada a través de la tinción de Gram y la tinción con verde de malaquita.

Tabla 35

Resultados de Tinción de Gram y verde Malaquita en contaminantes

No Cepa	Tinción de Gram	Tinción verde malaquita
CONT **1**	Bacilos Gram positivos	Bacilo corto esporulado
CONT **2**	Bacilos Gram positivos	Bacilo corto esporulado
CONT **3**	Bacilos encapsulados Gram positivos	Bacilo corto esporulado espora central
CONT **4**	Bacilo Gram negativo	Esporas doble terminación bacilo corto esporulado
CONT **5**	Bacilo encapsulado presunto gram negativos (tienen esporas)	Bacilo corto esporulado espora central

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

El análisis de las tinciones permitió observar una tendencia predominante hacia bacilos Gram positivos esporulados, lo que sugiere la presencia de microorganismos del

género *Bacillus*, conocidos por su capacidad de formar esporas resistentes a condiciones adversas y persistir en el ambiente (Cho & Chung, 2020) .

Asimismo, la detección de algunas cepas encapsuladas y presuntas Gram negativas indica una diversidad microbiana ambiental, probablemente asociada a la polución generada por las obras de construcción. Estos microorganismos contaminantes afectaron la pureza de los cultivos, impidiendo la correcta identificación de las bacterias de interés y retrasando significativamente el avance del aislamiento.

5.1.9 Resultados en medios selectivos y diferenciales de contaminantes

Antes de presentar los resultados obtenidos, es importante destacar que el comportamiento microbiológico observado en los distintos medios selectivos mostró resultados presuntivos los cuales son asociados a la flora humana como a microorganismos propios del ambiente, como diversos autores señalan que en ambientes interiores es frecuente encontrar microorganismos provenientes tanto de la flora humana derivados de la piel, mucosas y la manipulación como de fuentes ambientales, entre ellas el polvo, el suelo y las partículas en suspensión presentes en el aire (Álvarez et al., 2017).

En medios como Baird Parker se evidenció la presencia recurrente de *Staphylococcus aureus*, mientras que en BC aparecieron cepas compatibles con *Bacillus cereus,* lo que sugiere la participación de esporas ambientales resistentes. Asimismo, en KB se detectaron microorganismos del género Pseudomonas, y en EMB se observaron colonias con morfología asociada a *Klebsiella pneumoniae.* Estas tendencias iniciales permitieron anticipar un escenario de contaminación mixto, influenciado tanto por el tránsito de personal como por el arrastre de material particulado y el estado de algunos insumos empleados durante el periodo de muestreo.

En la **Tabla 36** se presentan las abreviaturas y su respectivo significado utilizadas en los resultados de identificación bacteriana mediante medios selectivos y diferenciales.

Tabla 36

Abreviaturas y su significado de medios selectivos y diferenciales

Sigla	Significado
SPS	Sulfito Polimixina Sulfadiazina
KB	King B Agar
BC	Baird Parker Agar
EMB	Eosina Azul de Metileno
BP	Baird Parker
Sta	Staphylococcus
Tel	Tolerancia a telurito
Lec	Lecitinasa

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

En la **Tabla 37** se presentan los resultados detallados de los medios selectivos para cada uno de los controles analizados.

Tabla 37

Resultados en medios selectivos y diferenciales de contaminantes

No. Cepa	Resultados de Identificación Medios selectivos				
	SPS	KB	BC	EMB	BP
CONT **1**	-	-	+	+	+
CONT **2**	-	+	+	+	+
CONT **3**	-	-	+	+	+
CONT **4**	-	-	+	+	+
CONT **5**	-	-	-	-	-

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Las características de crecimiento de los contaminantes en los medios selectivos evidenciaron crecimientos en BC, EMB y BP donde se observó un patrón recurrente de crecimiento en las cuatro primeras cepas CONT 1–CONT 4, lo que indica la presencia simultánea de bacterias esporuladas, Gram negativas y cocos asociados a piel y superficies manipuladas. La positividad constante en BP, junto con los aislamientos observados en BC, sugiere la presencia de microorganismos capaces de resistir condiciones ambientales adversas, coherentes con géneros como *Bacillus* y con cocos compatibles con *Staphylococcus.* El crecimiento en EMB en las mismas cepas confirma la infiltración de

bacilos Gram negativos ambientales u oportunistas, mientras que la ausencia total de desarrollo en SPS apunta a que no hubo contaminación por anaerobios sulfito-reductores. Por su parte, KB mostró crecimiento únicamente en CONT 2, lo que indica una contaminación puntual por microorganismos asociados a superficies húmedas o residuos de soluciones comprometidas.

5.1.10 Resultados de pruebas bioquímicas contaminantes

Los resultados bioquímicos obtenidos que en las cinco cepas analizadas se identificó un patrón común compuesto por la ausencia de producción de sulfuro, falta de motilidad y resultados negativos en las pruebas de Rojo de Metilo y Voges–Proskauer, un comportamiento típico de microorganismos ambientales con metabolismo estable y baja capacidad de fermentación mixta. La fermentación de glucosa fue positiva en todos los casos, lo que indica la presencia de bacterias con actividad metabólica basal conservada.

Las cepas CONT 1, CONT 2 y CONT 4 mostraron una fermentación amplia en glucosa, lactosa y sacarosa, donde se sugiere la presencia de microorganismos con capacidad fermentativa múltiple y mayor versatilidad metabólica. En contraste, CONT 3 y CONT 5 presentaron perfiles más restringidos, compatibles con bacterias no fermentadoras, como *Pseudomonas,* o con bacilos esporulados del género *Bacillus,* caracterizados por su resistencia y crecimiento en condiciones adversas.

Adicionalmente, la positividad en la prueba de ureasa en algunas de las muestras, junto con la ausencia de cambios en los tubos de ensayo de citrato de Simmons y gelatina, refuerza la presencia de una comunidad microbiana heterogénea compuesta tanto por bacilos ambientales esporulados como por bacterias oportunistas de origen ambiental.

En la **Tabla 38** se muestran los resultados detallados de las pruebas bioquímicas de cada uno de los controles analizados.

Tabla 38

Resultados de identificación de bioquímicas de los contaminantes

Resultados de Identificación Bioquímicas

	SIM			RMVP		OF		TSI						
N°. Cepa	Motilidad	Sulfuro	Indol	Prueba del rojo de metilo	Prueba de Voges Proskauer	Aerobio	Anaerobio	Glucosa	Lactosa	Sacarosa	CS	GEL	UREA	TRIP
CONT 1	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-
CONT 2	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-
CONT 3	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-
CONT 4	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-
CONT 5	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

La evaluación bioquímica reveló resultados estables de manera negativa para sulfuro, indol, motilidad y RMVP, lo que descarta la presencia de enterobacterias típicas y sugiere microorganismos ambientales de metabolismo estable y baja capacidad fermentadora. Todas las cepas fermentaron glucosa, mientras que solo algunas fermentaron lactosa y sacarosa, indicando variabilidad enzimática dentro de la población contaminante. La actividad diferente entre la UR y GEL confirma la diversidad microbiana. En conjunto, los patrones

observados son consistentes con contaminantes ambientales y oportunistas que ingresaron de manera continua a los laboratorios.

5.1.11 Resultados en medios selectivos y diferenciales de bacterias

Durante la caracterización bacteriana, las cepas aisladas fueron inoculadas en diferentes medios selectivos y diferenciales con el propósito de evaluar su comportamiento fisiológico y morfológico, así como su capacidad de crecimiento bajo condiciones específicas.

En el medio SPS no se evidenció desarrollo en ninguna de las cepas analizadas, lo que sugiere la ausencia de microorganismos del género *Clostridium,* grupo que suele verse favorecido en este medio selectivo.

El medio KB permitió identificar cepas con posible capacidad de producción de pigmentos fluorescentes o difusibles, observándose crecimiento positivo en las cepas 27 y 115 lo cual sugiere la presencia presuntiva de bacterias del género *Pseudomonas* u otros microorganismos capaces de sintetizar pigmentos similares.

En el medio BC se observó crecimiento en múltiples cepas 3, 26, 31, 32, 47, 105, 109, con colonias opacas de color rosado a púrpura, característico de *Bacillus cereus* y especies relacionadas.

Por su parte, el medio EMB mostró colonias de tonalidades moradas o fucsias en cepas como 27, 31, 55 y 115, indicativo de bacterias fermentadoras de lactosa, presuntamente *enterobacterias coliformes.*

Finalmente, en el medio BP se observaron colonias con pigmentaciones características moradas o rosadas en diversas cepas, reforzando la presencia de *cocos Gram*

positivos, catalasa positivos, con posible capacidad hemolítica parcial o total, rasgo típico de cepas del género *Staphylococcus.*

En la **Tabla 39** se presentan los resultados obtenidos en los diferentes medios selectivos y diferenciales utilizados para la identificación presuntiva de las cepas bacterianas aisladas. En estos resultados se refleja el comportamiento diferencial de las cepas frente a los medios SPS, KB, BC, EMB y BP, permitiendo establecer posibles asociaciones con géneros bacterianos específicos.

Tabla 39

Resultados de identificación medios selectivos y diferenciales

N° cepa	SPS	KB	BC	EMB	BP
3	NC	NF	SA	NC	NC
8	NC	NC	BC	NFL	NC
21	NC	NC	SA / BC	NFL	SA
26	NC	NC	BC	FLD	SA
27	NC	PF	NC	FLD	SA
29	NC	NC	NC	FLD	NC
31	NC	NF	SA	FLF	SA

N° cepa	SPS	KB	BC	EMB	BP
32	NC	NC	BC	FLD	NC
34	NC	NC	SA	FLD	SA
35	NC	NC	BC	FLF	SA
36	NC	NC	NC	FLF	SA
47	NC	NF	BC	NC	SA (o mezcla)
55	NC	NF	NC	FLD	NC
100	NC	NF	SA	FLF	SA
105	NC	NF	BC	FLD	SA
108	NC	NF	SA	FLD	SA
109	NC	NF	BC	FLD	SA
112	NC	NF	BC	FLD	SA
115	NC	PF	BC	FLD	SA

Nota. Las imágenes correspondientes a los resultados de los medios selectivos se presentan en el **Anexo B**. Elaborado por Autoras, 2025.

En la **Tabla 40** se presentan las abreviaturas y su respectivo significado utilizadas en la **Tabla 39**.

Tabla 40

Abreviaturas y su significado de los resultados de Medios selectivos y diferenciales

SPS		KB		BC		EMB		BP	
sigla	Significado	sigla	Significado	sigla	Significado	Sigla	Significado	sigla	Significado
NC	No hay crecimiento en	**PF**	Pigmentación fluorescente positiva (presunta *Pseudomonas* spp.)	**BC**	Bacteria positiva para *Bacillus cereus*	**FLF**	Fermentadora fuerte de lactosa	**SA**	Identificación presuntiva de *S. aureus*
		NF	Negativo a fluorescencia/pigmentación	**SA**	Bacteria positiva para *Staphylococcus aureus*	**FLD**	Fermentadora débil de lactosa	**BC**	Identificación presuntiva de *B. cereus*
				SA/ BC	Crecimiento mixto o morfología compatible con ambos géneros	**NFL**	No fermentadora de lactosa	**NC**	No desarrollo bacteriano en el medio
				NC	Sin crecimiento bacteriano observable	**NC**	No hay crecimiento		

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

5.1.12 Resultados de pruebas bioquímicas

Con el objetivo de complementar la identificación presuntiva de las cepas bacterianas aisladas, se realizaron diferentes pruebas bioquímicas que permitieron evaluar su comportamiento metabólico y enzimático, estas pruebas incluyeron SIM, RM-VP, O/F, TSI, CS, GEL, UREA y TRIP, como se menciona con anterioridad, pruebas aplicadas a cada aislamiento según protocolos estándar microbiológicos.

En la **Tabla 41** se presentan las abreviaturas y su respectivo significado utilizadas en la descripción de pruebas bioquímicas.

Tabla 41

Nomenclatura de los resultados de pruebas bioquímicas

Abreviatura	Prueba bioquímica
SIM	Sulfuro, Indol y Motilidad
RM-VP	Rojo de Metilo y Voges-Proskauer
O/F	Oxidación-Fermentación
TSI	Triple Sugar Iron
CS	Citrato de Simmons
GEL	Gelatina
UREA	Ureasa
TRIP	Triptófano-Indol

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Los resultados obtenidos evidencian una heterogeneidad metabólica significativa entre las cepas evaluadas. En el medio SIM, varias cepas como la 3, 23, 26 y 108 presentaron motilidad positiva, lo que indica la presencia de flagelos y capacidad de desplazamiento activo, una propiedad típica evaluada mediante la difusión celular en agar semisólido (MacFaddin, 2000). La producción de sulfuro de hidrógeno (H_2S) fue escasa, detectándose solo en las cepas 55, 100, 105, 109 y 115, mientras que la síntesis de indol se observó en cepas como 3, 27, 112 y 115, lo cual sugiere la capacidad de degradar triptófano mediante la enzima triptofanasa, reacción ampliamente documentada para la diferenciación de bacilos Gram negativos (Cappuccino & Welsh, 2021).

En la prueba RM-VP, se detectó actividad positiva al rojo de metilo —indicativa de una fermentación mixta— en las cepas 23, 29 y 109; mientras que la reacción Voges-Proskauer, asociada a la producción de acetoína, no se manifestó en ninguno de los aislamientos, resultado común en bacterias que carecen de la vía butanodiol (Koneman et al., 2017). La evaluación de la prueba O/F mostró que la mayoría de las cepas se clasificaron como oxidativas, sin evidencia de fermentación anaerobia, y la prueba TSI reveló fermentación de carbohidratos como glucosa, lactosa y sacarosa en cepas específicas como 27, 47, 55, 100, 105, 108 y 115, perfil compatible con enterobacterias o bacilos Gram negativos fermentadores (MacFaddin, 2000)

El medio de Citrato (CS) evidenció utilización del citrato como única fuente de carbono en cepas como 23, 26, 27, 47 y 115, propiedad típica de especies de Enterobacter y otros microorganismos capaces de activar la vía del citrato permeasa (Cappuccino & Welsh, 2021). En cuanto a las pruebas enzimáticas, la actividad GEL y UREA fue positiva en aislamientos como 23, 26, 27, 47, 105, 109, 112 y 115, lo que refleja la presencia de enzimas hidrolíticas asociadas a la degradación de proteínas o compuestos nitrogenados. Finalmente,

la prueba de Triptófano (TRIP) confirmó la capacidad de algunas cepas para producir indol tras la hidrólisis del aminoácido, una reacción clave para la identificación diferencial de bacilos Gram negativos (Koneman et al., 2017).

En la **Tabla 42** se presentan los resultados obtenidos en las pruebas bioquímicas aplicadas a las cepas bacterianas aisladas, con el propósito de identificar sus principales características metabólicas y fisiológicas.

Tabla 42

Resultados de identificación de bioquímicas

N°. Cepa	SIM			RMVP		OF		TSI						
	Motil	Sulfuro	Indol	Prueba del rojo de metilo	Prueba de Voges Proskauer	Aerobio	Ana-erobio	Glucosa	Lactosa	Sacarosa	CS	GEL	UREA	TRIP
3	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
23	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-
26	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-
27	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-



Evaluación de la carga microbiana de tres laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, Bogotá D.C

N°. Cepa	SIM			RMVP		OF		TSI						
	Motil	Sulfuro	Indol	Prueba del rojo de metilo	Prueba de Voges Proskauer	Aerobio	Ana-erobio	Glucosa	Lactosa	Sacarosa	CS	GEL	UREA	TRIP
29	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
55	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
100	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
105	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-
108	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-

N°. Cepa	SIM			RMVP		OF			TSI					
	Motil	Sulfuro	Indol	Prueba del rojo de metilo	Prueba de Voges Proskauer	Aerobio	Ana-erobio	Glucosa	Lactosa	Sacarosa	CS	GEL	UREA	TRIP
109	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-
112	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-
115	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Nota. Las imágenes correspondientes a las reacciones de las pruebas bioquímicas se presentan en el **Anexo B**. Elaborado por Autoras, 2025.

5.2 RESULTADO EN RELACIÓN CON EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO: IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO

Con el fin de dar cumplimiento con el segundo objetivo específico, orientado a identificar los factores de riesgo presentes en el ambiente de los laboratorios, se realizó un análisis teniendo en cuenta la observación directa de las condiciones de los espacios, la caracterización de las actividades rutinarias y la aplicación de encuestas a los diferentes usuarios de los laboratorios.

Este estudió permitió reconocer los peligros microbiológicos asociados a la realización de las prácticas académicas de cada laboratorio, así como a las condiciones ambientales y de infraestructura.

5.2.1 Identificación de factores de riesgo mediante la matriz de identificación y valoración de riesgos

Durante la toma de muestras se tuvieron en cuenta diferentes condiciones ambientales y operativas en los laboratorios, las cuales fueron clasificados como factores de riesgo microbiológico. Estos factores fueron observados de manera directa en campo y posteriormente registrados en la matriz de identificación de riesgos elaborada con base en la Guía Técnica Colombiana GTC 45 del año 2012 (ICONTEC, 2012) por medio del formato elaborado por la Gobernación de Santander (2020) adaptado a la naturaleza de los laboratorios.

En dicha matriz se relacionaron las actividades rutinarias y no rutinarias desempeñadas por todos los usuarios de los laboratorios (estudiantes, docentes y auxiliares), así como las condiciones ambientales contempladas durante las jornadas de muestreo.

Asimismo, se identificaron, analizaron y clasificaron los peligros, los posibles efectos sobre la salud, los controles existentes y el nivel de riesgo obtenido luego de calificar cada uno. En el **Anexo D** se presenta la matriz de identificación de riesgos microbiológicos completa.

Inicialmente, en el laboratorio de microbiología fue en el que más riesgos microbiológicos se identificaron, debido a la naturaleza de las practicas académicas que allí se desarrollan. Estas actividades rutinarias implican la manipulación directa de microorganismos para su siembra en diferentes medios de cultivo, así como el análisis y observación de las colonias obtenidas. Además, se desempeñan actividades complementarias como el almacenamiento temporal de material contaminado y su posterior descarte, lo cual aumenta la probabilidad de exposición a agentes biológicos.

En la **Tabla 43** se presenta la descripción de las actividades, junto con el nivel de riesgo microbiológico asociado a cada una de ellas, según la matriz de identificación aplicada en la investigación.

Tabla 43

Identificación de riesgos microbiológicos en el laboratorio de Microbiología

Actividades	Descripción	Nivel de riesgo
Manipulación de microorganismos para siembras en medios de cultivo	Esta actividad implica el manejo de microorganismos biológicamente activos o potencialmente patógenos que pueden causar enfermedades o afecciones	MEDIO

Actividades	Descripción	Nivel de riesgo
	a los usuarios y/o contaminación al ambiente.	
Manipulación de medios de cultivo con siembras de microorganismos para análisis	Exposición a bacterias y hongos por aerosoles y superficies contaminadas	MEDIO
Almacenamiento de medios y material contaminado	Presencia de microorganismos en recipientes y acumulación de residuos	MEDIO
Descarte de material contaminado	El manejo inadecuado de material contaminado puede causar exposición a microorganismos y contaminar el ambiente.	MEDIO-BAJO
Preparación, observación de muestras y uso de microscopios	Exposición a posibles microorganismos patógenos, aerosoles,	BAJO

Actividades	Descripción	Nivel de riesgo
	contacto con material biológico y contaminación cruzada de superficies, materiales y equipos.	

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

En cuanto al laboratorio de Biología, se evidenciaron riesgos microbiológicos asociados principalmente a las prácticas académicas en las que se requiere la manipulación de microorganismos provenientes de las muestras biológicas que se analizan, así como el uso de vectores, aunque no sean sesiones rutinarias. Dichas actividades implican el contacto frecuente con material potencialmente infeccioso derivado de organismos vivos. En la **Tabla 44** se presenta la síntesis del nivel de riesgo microbiológico obtenido de la matriz de identificación de riesgos asociada al laboratorio de biología.

Tabla 44

Identificación de riesgos microbiológicos en el laboratorio de Biología

Actividades	Descripción	Nivel de riesgo
Uso de vectores	El uso de vectores en las prácticas puede aumentar el riesgo de exposición a patógenos.	MEDIO

Actividades	Descripción	Nivel de riesgo
Manejo de muestras biológicas	Contacto con fluidos o tejidos animales puede requerir la manipulación a patógenos.	MEDIO
Observación de muestras biológicas y uso de microscopios	Exposición a posibles microorganismos patógenos, aerosoles, contacto con material biológico y contaminación cruzada de superficies, materiales y equipos.	MEDIO-BAJO
Manipulación de microorganismos	Posible exposición a microorganismos patógenos	MEDIO-BAJO

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Por último, en el laboratorio de Química General, se evidenció que las actividades propias del espacio están menos enfocadas en la manipulación directa de microorganismos, por lo que se identificaron riesgos microbiológicos secundarios y no rutinarios asociados al manejo de muestras biológicas y la posible manipulación de reactivos con material

previamente contaminado. En este sentido, en la **Tabla 45** se presenta la descripción de los riesgos microbiológicos asociados al laboratorio de Química General.

Tabla 45

Identificación de riesgos microbiológicos en el laboratorio de Química General

Actividades	Descripción	Nivel de riesgo
Manejo de muestras biológicas	Contacto con fluidos o tejidos puede requerir la manipulación a patógenos.	MEDIO-BAJO
Posible manipulación de reactivos con material previamente contaminado	Contaminación cruzada de material con microorganismos ambientales	MEDIO-BAJO

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

De igual forma, se consideraron situaciones rutinarias comunes en todos los laboratorios, relacionas con la recolección, almacenamiento y disposición de residuos biológicos, así como la limpieza y desinfección de superficies, equipos y el lavado de material de laboratorio. En cuanto a este punto, se observó que algunos elementos como áreas de descarte y zona de disposición de residuos, contenían materiales que pueden favorecer el crecimiento microbiano si no se realiza un control adecuado. Además, la frecuencia de limpieza no siempre es la misma entre laboratorios, lo cual también influye en la diferencia

de los resultados sobre la carga microbiana obtenidos. Adicionalmente, se observaron condiciones ambientales que pueden incrementar el riesgo microbiológico y favorecer la acumulación de microorganismos en el ambiente, tales como la ventilación deficiente y la presencia de humedad, filtraciones o fugas.

Asimismo, otro aspecto relevante fue la alta densidad de usuarios, su permanencia prolongada en el espacio y las actividades desarrolladas durante las prácticas, debido a que en los muestreos realizados con presencia de estudiantes se obtuvieron valores más altos de UFC que en los muestreos sin usuarios, lo que confirma la relación directa entre la actividad humana y el incremento de la carga microbiana ambiental.

En la **Tabla 46** se enlistan dichas situaciones junto con el nivel de riesgo asignado.

Tabla 46

Identificación de riesgos microbiológicos generales en todos los laboratorios

Actividades	Descripción	Nivel de riesgo
Almacenamiento de residuos líquidos y sólidos	Proliferación microbiana por restos orgánicos o humedad en recipientes.	MEDIO
Ventilación deficiente	La acumulación de aerosoles y partículas microbianas suspendidas en el aire favorece la	MEDIO

Actividades	Descripción	Nivel de riesgo
	permanencia de bacterias y esporas fúngicas.	
Presencia de humedad, filtraciones o fugas.	Humedad que favorece la proliferación de hongos, levaduras y bacterias ambientales.	MEDIO-BAJO
Recolección de residuos biológicos	Contacto con material biológico contaminado.	BAJO
Lavado del material	El lavado inadecuado del material puede contribuir a la contaminación cruzada de otros materiales y equipos.	BAJO
Permanencia prolongada de estudiantes (alta densidad)	Aumento de carga microbiana por aerosoles y partículas biológicas humanas.	BAJO

Actividades	Descripción	Nivel de riesgo
Limpieza o desinfección de superficies y equipos.	Posible exposición a microorganismos durante la limpieza.	BAJO

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

5.2.2 Percepción de riesgo de acuerdo con la encuesta aplicada a usuarios

Por otro lado, la encuesta aplicada a 172 participantes entre los cuales se encuentran docentes, estudiantes, colaboradores y personal de limpieza de los tres laboratorios, permitió complementar la identificación de riesgos y conocer la percepción de riesgo biológico y las posibles experiencias relacionadas con afectaciones a la salud asociadas al uso de los laboratorios.

En este sentido, se incluyeron preguntas relacionadas con el conocimiento de normas de bioseguridad, percepción de limpieza y ventilación, así como la frecuencia de síntomas respiratorios o dérmicos asociados a la exposición microbiológica.

Los resultados obtenidos y el análisis de las preguntas se presentan en el apartado **6.2.**

5.3 RESULTADO EN RELACIÓN CON EL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO: ESTRATEGIAS AMBIENTALES

Estrategia 1. Programa integral de control ambiental y ventilación

Objetivo: Reducir la concentración de bioaerosoles y esporas fúngicas en el aire, garantizando una adecuada renovación de este en los laboratorios.

Acciones clave:

1. Implementar un sistema de ventilación cruzada o instalar extractores con filtros HEPA en los puntos críticos identificados en el apartado **5.1.1**, tales como los mesones de trabajo, zonas de lavado y áreas auxiliares de almacenamiento, donde se evidenció mayor carga microbiana según el muestreo.
2. Ejecutar un mantenimiento trimestral de ductos y filtros de ventilación, con registro documentado, asegurando la eficacia del sistema en la eliminación de partículas biológicas suspendidas.
3. Realizar un monitoreo mensual de la humedad relativa y la temperatura, procurando mantener la humedad ambiental por debajo del 55%, dado que, según los resultados del apartado **6.1** y **6.1.2**, las condiciones de humedad elevada favorecieron la proliferación de *Aspergillus spp*. y *Penicillium spp.*
4. Establecer un protocolo de limpieza profunda de techos, rejillas de ventilación y superficies elevadas, donde se demostró acumulación de polvo y esporas fúngicas en los puntos descritos en el apartado **6.1**.

Soporte en resultados: Los datos obtenidos evidenciaron una correlación directa entre la deficiencia de ventilación y el incremento de colonias fúngicas, particularmente en zonas con alta afluencia de usuarios y limitada circulación de aire, como se demuestra en los resultados de recuento de colonias en el apartado **5.1.1** y el análisis de factores ambientales del apartado **5.1.2.**

Estrategia 2. Fortalecimiento del programa de bioseguridad y capacitación conductual

Objetivo: Disminuir los riesgos biológicos derivados de prácticas inadecuadas y promover una cultura de prevención entre los usuarios de los laboratorios.

Acciones clave:

1. Implementar capacitaciones semestrales en bioseguridad centradas en el uso correcto del equipo de protección personal (EPP), el manejo adecuado de residuos biológicos y la limpieza posterior a las prácticas, tal como se sugiere en el diagnóstico de percepción de riesgo del apartado 5.2**.**

2. Instalar señalización visual en puntos estratégicos como mesones, zonas de lavado, áreas de tinción y oficinas, identificadas en el apartado **4.1.1**, recordando las normas de bioseguridad y el uso obligatorio de guantes, tapabocas y batas.

3. Implementar evaluaciones periódicas de cumplimiento de protocolos, asociadas a un sistema de control interno que refuerce las áreas críticas observadas en los laboratorios, donde se detectó mayor dispersión microbiana y equipos con mayor riesgo de contaminación **(Véase apartado 6.1.)**

4. Asignar responsables de turno o monitores encargados de verificar la aplicación de los procedimientos de limpieza, desinfección y segregación de residuos biológicos al finalizar cada jornada académica.

Soporte en resultados: Las encuestas aplicadas mostraron una subvaloración del riesgo biológico y deficiencias en el cumplimiento de las rutinas de limpieza y uso de EPP, lo cual

coincide con el incremento en la carga microbiana registrada en los puntos de muestreo más concurridos demostrados en el apartado **6.1** y resultados del recuento en placa en **5.1.1**

Estrategia 3. Plan de manejo y control de residuos biológicos y humedad

Objetivo: Evitar la proliferación de microorganismos en las zonas de descarte, almacenamiento y lavado, donde se detectaron condiciones favorables para la contaminación microbiana.

Acciones clave:

1. Implementar un sistema de rotación diaria de residuos biológicos, asegurando su recolección oportuna en contenedores herméticos, ubicados en los puntos señalados en el apartado 4.1.2, áreas de lavado y descarte.

2. Incorporar bandejas de recolección impermeables y realizar inspecciones semanales para detectar fugas o filtraciones, en especial en los laboratorios de Química General y Microbiología, donde se observó mayor humedad ambiental según los registros de la **Tabla 3** y **Tabla 4**.

3. Establecer una rutina de desinfección con soluciones fungicidas y bactericidas de amplio espectro en las zonas húmedas y de almacenamiento, con control documentado de la frecuencia y los productos utilizados.

4. Efectuar un monitoreo microbiológico bimensual en las áreas de lavado y zonas de residuos, determinando la concentración de microorganismos en el aire mediante el método de sedimentación en placa.

Soporte en resultados: Los análisis evidenciaron proliferación microbiana en áreas con presencia de humedad y residuos mal gestionados, particularmente en los puntos de muestreo L.M-LAV y L.QG-M-FON, ver apartado 4.1.2 y resultados del apartado 4.1.4, lo que confirma la necesidad de reforzar los protocolos de limpieza, desinfección y disposición final de desechos biológicos.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN FUNCIÓN DEL PROBLEMA PROPUESTO

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MUESTREO AMBIENTAL

Al analizar la cantidad de colonias recuperadas en el medio SPC en los tres laboratorios, se observa un número superior en el laboratorio de Biología en las tres jornadas de muestreo, esto puede deberse a que hay menos ventilación y mayor presencia de usuarios.

Por otro lado, el laboratorio de Química General registró la segunda mayor carga microbiana en la primera jornada. No obstante, en la segunda y tercera jornada este resultado cambió, siendo el laboratorio de Microbiología el que presentó valores más elevados, esta diferencia puede explicarse debido a la disminución de usuarios en el laboratorio de Química General desde la segunda jornada, lo cual limita la dispersión de microorganismos en el ambiente y de igual modo, influye la naturaleza propia de las prácticas que se desarrollan en el laboratorio de Microbiología, en el que se manipulan cultivos y materiales biológicos que pueden favorecer la presencia de microorganismos en el entorno como se describe en la **Tabla 25.**

En la **Tabla 47** se muestran los resultados de mesófilos recuperados en el agar SPC por jornada de muestreo para cada laboratorio.

Tabla 47

Conteo de colonias mesófilas recuperadas en SPC por laboratorio

Laboratorio	Primera jornada (Barrido Inicial)	Segunda jornada (Barrido por triplicado)	Tercera jornada (Muestreo sin usuarios por triplicado)
Microbiología	69	493	61
Biología	358	903	207
Química General	206	694	54
Total	633	2090	322

Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

Por otra parte, en el medio PDA, en el que se recuperaron hongos y levaduras, se observaron resultados importantes entre los laboratorios. Durante la primera jornada el laboratorio de Biología fue el que presentó mayor número de hongos seguido de el laboratorio de Química General y en cuanto a las levaduras los puestos se invirtieron, obteniendo un mayor recuento en el laboratorio de Química General y de segundo lugar el laboratorio de Biología.

Posteriormente, en la segunda y tercera jornada se registraron los valores más altos tanto para hongos como para levaduras en el laboratorio de Biología, manteniendo un patrón similar al observado en el medio SPC, lo que demuestra mayor acumulación microbiana en este ambiente, se debe a que en este laboratorio no se utilizan todos los elementos de protección personal (Cofia, guantes y tapabocas), mientras que el laboratorio de Química General presentó el segundo mayor recuento para hongos y levaduras en la segunda jornada. Y finalmente, en la tercera jornada Química General mantuvo el segundo lugar para hongos, mientras que para levaduras lo ocupó el laboratorio de Microbiología.

Un aspecto relevante es que en el laboratorio de Química General se registraron fugas de agua en una de las pocetas de la isla 3 durante el muestreo sin usuarios, lo cual pudo aumentar la humedad relativa, ya que se evidenció el valor más alto de las tres jornadas (56%), lo que favorece el crecimiento de hongos y levaduras.

En la **Tabla 48** se muestran los resultados de hongos y levaduras recuperados en el agar PDA por jornada de muestreo para cada laboratorio.

Tabla 48

Conteo de hongos y levaduras recuperados en PDA por laboratorio

Laboratorio	Primera jornada (Barrido Inicial)		Segunda jornada (Barrido por triplicado)		Tercera jornada (Muestreo sin usuarios por triplicado)	
	Hongos	Levaduras	Hongos	Levaduras	Hongos	Levaduras
Microbiología	8	48	130	102	9	36

Biología	69	79	236	194	56	59
Química General	24	99	225	107	23	18
Total	101	226	591	403	88	113

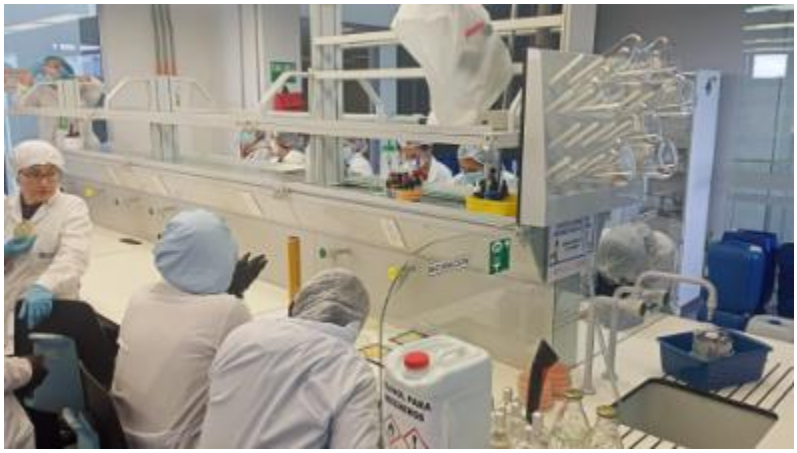
Nota. Las unidades de medida corresponden a UFC/65 cm^2 /15 minutos. Elaborado por Autoras, 2025.

En general, se evidencia una mayor carga microbiana en los mesones, lo cual es coherente teniendo en cuenta que son las superficies por las que transitan mayor flujo de usuarios y donde los estudiantes permanecen y realizan sus prácticas.

En el laboratorio de Microbiología se observa mayor carga microbiana en todos los puntos de la Isla 1 (I1-MA, I1-MB e I1-A) durante los tres muestreos, esto puede deberse a que es el mesón más cercano a la puerta, lo que incrementa el ingreso de partículas biológicas desde el exterior, como se aprecia en la **Figura 9** y además está cerca de los puntos de disposición de residuos como se muestra en la **Figura 10,** donde el manejo de residuos biológicos puede aumentar la dispersión microbiana. Asimismo, otro punto de alta concentración fue la oficina, debido a que el punto donde se tomaron las muestras está ubicado frente a una ventana con nidos de palomas en el exterior, tal como se observa en la **Figura 11** lo que representa una fuente adicional de microorganismos. Y finalmente, la zona de descarte presentó valores elevados, especialmente en el segundo muestreo, en el que se encontraba material contaminado pendiente para descartar, como se muestra en la **Figura 12**.

Figura 9

Isla 1 laboratorio de Microbiología



Nota. Registro fotográfico de la Isla 1 del laboratorio de Microbiología que se encuentra ubicada diagonal a la puerta, tomado durante la primera jornada de muestreo.

Figura 10

Mesón A de la Isla 1 del laboratorio de Microbiología



Nota. Registro fotográfico del punto I1-MA del laboratorio de Microbiología, en donde se observan los puntos de disposición, tomado durante la tercera jornada de muestreo.

Figura 11

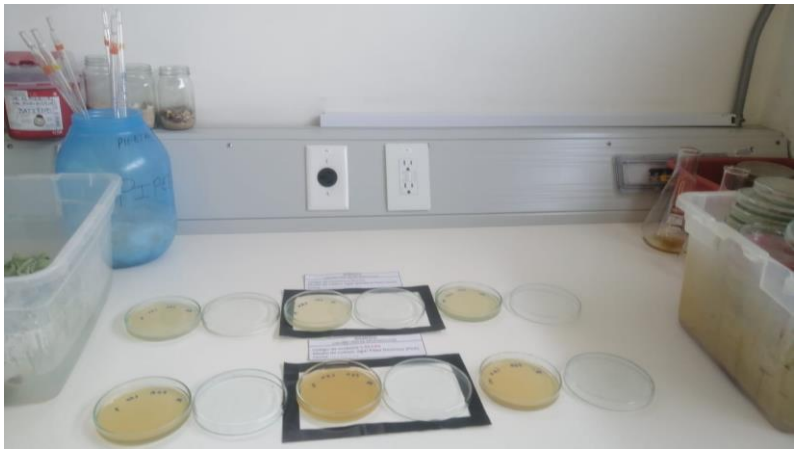
Punto de muestreo en la oficina del laboratorio de Microbiología



Nota. Registro fotográfico de la oficina del laboratorio de Microbiología, tomado durante la segunda jornada de muestreo.

Figura 12

Punto de muestreo en el área de descarte del laboratorio de Microbiología



Nota. Registro fotográfico del área de descarte del laboratorio de Microbiología, tomado durante la segunda jornada de muestreo.

En el laboratorio de Biología se destaca la Isla 2 (I2-MA, I2-MB e I2-A) con alta carga microbiana, debido a que es la isla que se encuentra en el centro del laboratorio, donde transitan los usuarios tanto del punto I1-MB como del punto I2-MA, además de ser el espacio donde se concentran las clases, como se expone en la **Figura 13.** De igual forma, sobresalió la estantería superior de la isla 3 (I3-A) ubicada en el fondo del laboratorio, donde hay menos ventilación, como se muestra en la **Figura 14**, lo que favorece la acumulación microbiana. Por otro lado, la oficina **(véase Figura 15)** nuevamente mostró presencia significativa de microorganismos y en especial la parte superior de la nevera, en donde se registró el resultado más alto de toda la investigación (233 UFC/65 cm^2 /15 minutos en SPC y 165 UFC/65 cm^2 /15 minutos en PDA), posiblemente debido a la poca limpieza **(véase Figura 16)** y a su ubicación elevada muy cerca de la rejilla de la ventana en donde, de igual manera, se encuentran nidos de palomas **(véase Figura 17).**

Figura 13

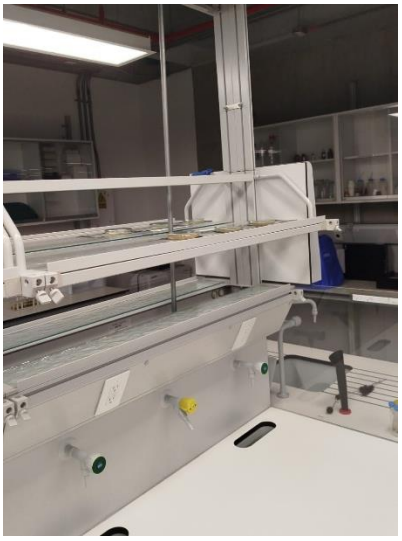
Islas 1 y 2 del laboratorio de Biología



Nota. Registro fotográfico de las islas 1 y 2 del laboratorio de Biología, tomado durante la primera jornada de muestreo.

Figura 14

Punto I3-A del laboratorio de Biología



Nota. Registro fotográfico del punto I3-A del laboratorio de Biología, tomado durante la tercera jornada de muestreo.

Figura 15

Oficina del Laboratorio de Biología



Nota. Registro fotográfico de la oficina del laboratorio de Biología, tomado durante la segunda jornada de muestreo.

Figura 16

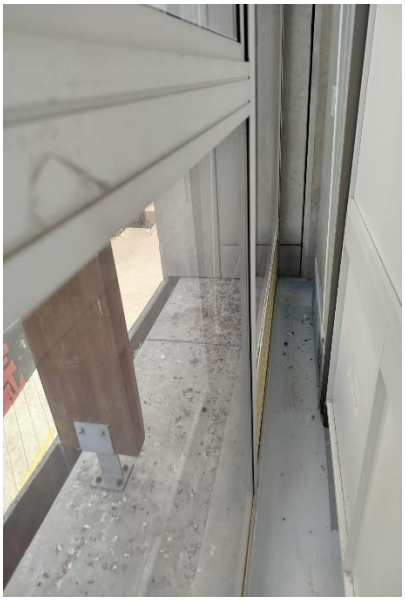
Parte superior de la nevera del Laboratorio de Biología



Nota. Registro fotográfico de la parte superior de la nevera de almacenamiento del laboratorio de Biología, ubicada al frente de la ventana, tomado durante la segunda jornada de muestreo.

Figura 17

Ventana ubicada en la parte de atrás de la nevera del Laboratorio de Biología



Nota. Registro fotográfico de la ventana ubicada en la parte de atrás de la nevera de almacenamiento del laboratorio de Biología.

Por último, en el laboratorio de Química General, los resultados más altos se obtuvieron en las en las islas 2 y 3, lo cual se asocia con que se encuentran en la parte central del laboratorio y es en donde se concentran los estudiantes durante las clases, como se muestra en la **Figura 18**, debido a que el mesón A de la Isla 1 no es usado para el desarrollo de las practicas sino únicamente para ubicar materiales y equipos como se observa en la **Figura 19**. También se resalta el mueble del fondo del laboratorio (M-FON), influenciado por tránsito constante de usuarios que pasan entre los mesones **(véase Figura 20).**

Figura 18

Punto I3-MA del Laboratorio de Química General



Nota. Registro fotográfico del punto I3-MA del laboratorio de Química General, tomado durante la segunda jornada de muestreo.

Figura 19

Punto I1-MA del Laboratorio de Química General



Nota. Registro fotográfico del punto I1-MA del laboratorio de Química General, donde se muestra que es un mesón destinado al almacenamiento de materiales y equipos, tomado durante la segunda jornada de muestreo.

Figura 20

Punto M-FON del Laboratorio de Química General



Nota. Registro fotográfico del punto M-FON del laboratorio de Química General, tomado durante la segunda jornada de muestreo.

6.1.1 Análisis de resultados bacterianos

Por otra parte, identificar y analizar las bacterias Gram positivas y Gram negativas en el ambiente, así como sus diferencias es un tema de suma importancia en el área de la salud, debido a que aparte de ser rápido y económico permite recibir información esencial para diagnosticar infecciones, reconocer agentes causales y alertar sobre atención médica urgente (Rodríguez & Arenas, 2018).

En este caso, la coloración de Gram permitió identificar una amplia diversidad morfológica bacteriana en las muestras analizadas, diferenciando cocos, bacilos y cocobacilos con distintas formas de agrupación, presentados en la **Tabla 27**. En total, se

obtuvieron sesenta y dos (62) colonias de cocos Gram positivos con varias disposiciones: Cocos individuales; diplococos, agrupados en pares; tétradas, conformadas por grupos de cuatro cocos; estreptococos, los cuales se visualizan en forma de cadena y estafilococos, organizados en forma de racimos irregulares (Ortiz & Larrea, 2014). Dichas morfologías pueden sugerir la posible presencia de géneros bacterianos como *Staphylococcus spp*., *Streptococcus spp.,* y *Micrococcus spp*., en el caso de los resultados Gram positivos y se evidenció una (1) colonia de cocos Gram negativos característicos del género Neisseria spp. (Tripathi et al., 2025).

Por su parte, se identificaron veinticuatro (24) colonias de bacilos Gram positivos agrupados de forma individual, en estreptobacilos (cadenas de cuatro o más bacilos) y empalizadas, reunidos lateralmente en forma de "palitos de fósforo", según lo descrito por Kuno & Vargas (2014). Esta disposición celular en bacterias Gram positivas propone características típicas de *Listeria spp., Actinomyces spp.* y *Norcadia spp* (Tripathi et al., 2025). Mientras que se evidenciaron dos (2) colonias de bacilos individuales Gram negativos característicos de *Enterobacteriaceae spp* (Tripathi et al., 2025).

En cuanto a los cocobacilos, se encontraron cinco (5) colonias, únicamente Gram positivas, lo que representa una proporción menor, agrupadas de forma individual característicos de *Acinetobacter spp.* y *Haemophilus spp* (Tripathi et al., 2025).

En la **Tabla 49** se resume la morfología microscópica de las bacterias recuperadas en agar SPC de los tres laboratorios.

Tabla 49

Microorganismos recuperados según morfología y afinidad tintorial

Afinidad tintorial	Cocos	Bacilos	Cocobacilos	Total por afinidad tintorial
Gram positivos (+)	62	24	5	91
Gram negativos (-)	1	2	0	3
Total por morfología	63	26	5	

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Los resultados obtenidos muestran que la cantidad de bacterias Gram positivas (91) fue considerablemente superior a la de bacterias Gram negativas (3). Asimismo, se observa una predominancia de cocos (63) en comparación con bacilos (26). Esto resulta coherente teniendo en cuenta que los cocos Gram positivos son residentes comunes de la piel y las mucosas humanas, así que llegan al interior de los espacios, como los laboratorios, por medio de la actividad humana (Borrego et al., 2008) y también pueden transportarse mediante partículas de polvo presente en el suelo (Goh et al., 2000), por esta razón suelen ser los microorganismos aislados más frecuentes en diversos ambientes (Bottale et al., 2015). Sin embargo, las bacterias Gram positivas son las causantes de distintas enfermedades

bacterianas que se transmiten por vía aérea, debido a que sobreviven durante más tiempo en este ambiente (Toloza & Lizarazo, 2013).

En la **Tabla 50** se mencionan los posibles géneros bacterianos que corresponderían a dicha morfología, que dependen de lo presuntivamente identificado en la investigación.

Tabla 50

Presuntos géneros bacterianos según la morfología microscópica

Morfología	Tinción de Gram	Presunto género bacteriano
Cocos en racimos	Gram positivos (+)	*Staphylococcus spp.* como *S. aureus, S. epidermidis o S. saprophylicus.*
Cocos en Cadenas	Gram positivos (+)	*Streptococcus spp.* como *S. pneumoniae, S. pyogenes, S. agalactiae, S mitis, S salivarius* o *S. mutans.*
Cocos en tétradas	Gram positivos (+)	*Micrococcus spp.*
Diplococos	Gram positivos (+)	*Enterococcus spp.* como *E. faecalis* y *E. faecium*

Morfología	Tinción de Gram	Presunto género bacteriano
Bacilos en cadenas o empalizadas	Gram positivos (+)	*Listeria spp.*
Bacilos ramificados irregulares	Gram positivos (+)	*Actinomyces spp. y Nocardia spp.*
Cocos	Gram negativos (-)	*Neisseria spp.,* como *N. meningitidis* .
Cocobacilos	Pueden ser Gram positivos, Gram negativos o Gram variables	*Acinetobacter spp.*
Bacilos irregulares o en cadena	Gram negativos (-)	*Enterobacteriaceae spp. ,* como *E. coli.*

Nota. Elaboración propia a partir de información de Watson (s.f.) y Tripathi et al. (2025).

6.1.2 Análisis de resultados fúngicos y levaduriformes

El análisis de los aislamientos fúngicos y levaduriformes obtenidos en la caracterización microscópica **5.1.7** y **5.1.8** permitió identificar diversos factores de riesgo biológico y ambiental presentes en los laboratorios de Biología, Microbiología y Química General. Estos factores se asocian tanto a las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, ventilación, limpieza) como a las prácticas operativas (densidad de usuarios, manipulación de muestras, bioseguridad).

Riesgo biológico por presencia de hongos y levaduras en el ambiente

Los géneros fúngicos identificados durante la caracterización, entre ellos *Aspergillus spp.* *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.* y *Candida spp.,* representan un indicador directo de contaminación biológica en el aire y superficies del laboratorio. Estos microorganismos son agentes oportunistas que pueden causar reacciones alérgicas, micosis superficiales y, en individuos (inmunocomprometidos, infecciones sistémicas (Atlas of Clinical Fungi, 2020). Su hallazgo en ambientes cerrados y de trabajo científico sugiere deficiencias en la ventilación y control de bioaerosoles (Górny et al., 2002).

Diversos estudios han señalado que las esporas de *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.* se dispersan fácilmente por corrientes de aire, alcanzando altas concentraciones en zonas con acumulación de polvo o humedad (Atya et al., 2019). En el caso particular de los laboratorios evaluados, las concentraciones más altas de colonias fúngicas se registraron en áreas de mesones y zonas auxiliares, coincidiendo con puntos de tránsito frecuente y manipulación de materiales biológicos, lo cual aumenta el riesgo de aerosolización de esporas y exposición respiratoria para los usuarios.

Factores ambientales asociados a la proliferación microbiana

La temperatura promedio registrada (entre 18°C y 21°C) y la humedad relativa (entre 54% y 69%) se encuentran dentro del rango óptimo para el crecimiento de hongos ambientales (Flannigan et al., 2011). Estas condiciones, combinadas con una posible deficiente ventilación cruzada y la presencia de material orgánico residual sobre mesones, crean un microambiente favorable para la proliferación fúngica.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2009), los ambientes interiores con humedad superior al 60% presentan un incremento

significativo en la concentración de esporas fúngicas y bacterianas, lo que constituye un factor de riesgo ambiental importante para patologías respiratorias ocupacionales como la alveolitis o la rinitis alérgica.

Factores de riesgo conductuales y operativos

Durante las jornadas de muestreo se evidenció que el número de usuarios, la manipulación simultánea de muestras y el uso inconsistente de elementos de protección personal (EPP) son variables críticas. Según la norma GTC 45 (ICONTEC, 2012) y las directrices de bioseguridad de la OMS (World Health Organization, 2020), la exposición a agentes biológicos aumenta significativamente cuando se desarrollan prácticas sin un protocolo estricto de limpieza y descontaminación.

Los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a estudiantes y personal de apoyo reflejaron una subvaloración del riesgo biológico, particularmente en relación con hongos y levaduras, lo cual puede derivar en la falta de cumplimiento de rutinas de limpieza de mesones, mal manejo de residuos biológicos y omisión del uso de mascarillas o guantes en procedimientos no considerados de riesgo.

Evaluación integrada del riesgo

A partir de los resultados microbiológicos y de las condiciones observadas, se identifican los factores de riesgo prioritarios en la Tabla 51.

Tabla 51

Identificación de los factores de riesgo a partir de los resultados microbiológicos

Categoría	Factor de riesgo identificado	Posible consecuencia
Biológico	Presencia de *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.*, *Candida spp.*	Alergias, micosis, infecciones respiratorias
Ambiental	Humedad relativa ≥ 60%, escasa ventilación	Proliferación fúngica, dispersión de esporas
Conductual	Inadecuado uso de EPP, deficiente limpieza	Exposición directa a bioaerosoles
Infraestructura	Superficies porosas y acumulación de polvo	Contaminación cruzada y persistencia microbiana

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

En síntesis, los resultados demuestran que los laboratorios presentan una exposición continua a bioaerosoles fúngicos y levaduriformes, favorecida por condiciones ambientales estables para su desarrollo, la falta de control efectivo de ventilación y limpieza, y el comportamiento operativo de los usuarios.

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENCUESTA A USUARIOS

A continuación, se presentan los análisis y conclusiones obtenidos para cada pregunta de la encuesta aplicada y en el **Anexo D** se encuentra la tabulación completa de las preguntas.

Pregunta No 1

Nombre

Pregunta No 2

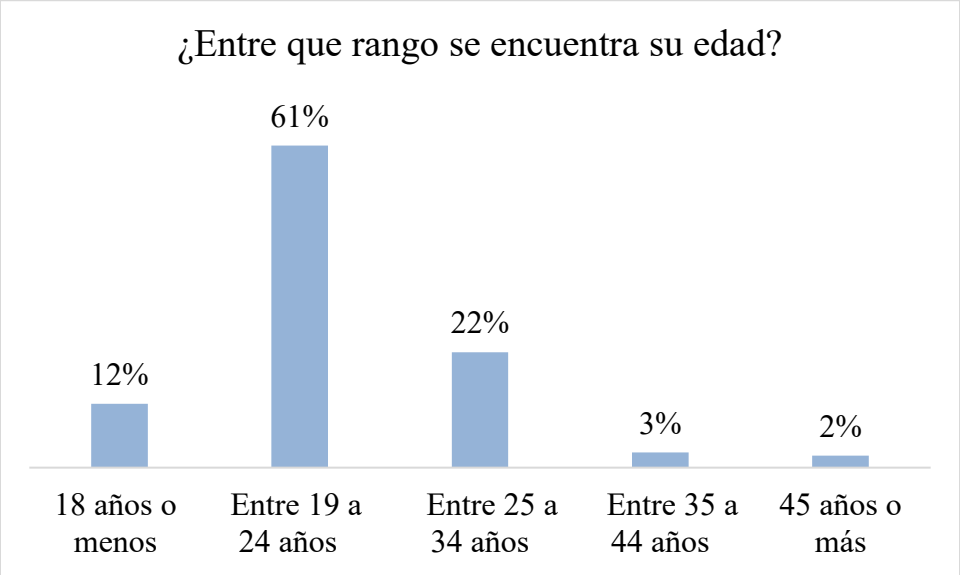
¿Entre que rango se encuentra su edad?

a. 18 años o menos____ b. Entre 19 a 24 años____ c. Entre 25 a 34 años____

d. Entre 35 a 44 años____ e. 45 años o más____

Figura 21

Edad de los encuestados



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 61% de la población encuestada se encuentra entre los 19 a 24 años, el 22% entre 25 a 34 años, el 12% tiene 18 años o menos, el 3% está entre 35 a 44 años y el 2% tiene 45 años o más.

Conclusión

La mayoría de la población encuestada tiene entre 19 a 24 años.

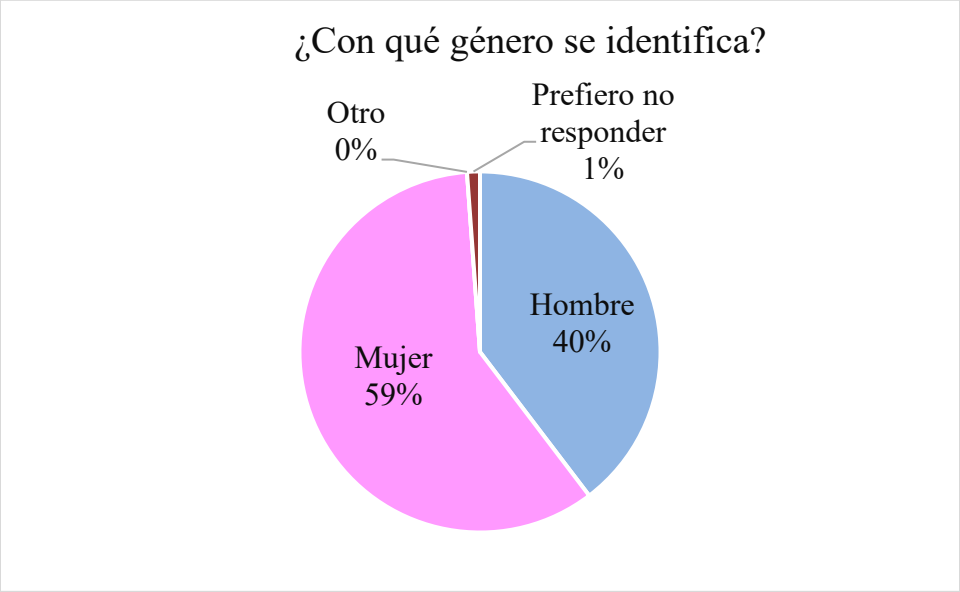
Pregunta No 3

¿Con qué género se identifica?

a. Hombre____ b. Mujer____ c. Prefiero no responder____ d. Otro. ¿Cuál? _____

Figura 22

Género de los encuestados



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 59% de la población encuestada se identifican como mujeres, el 40% como hombres, el 1% prefiere no responder y el 0% se identifica con otro género.

Conclusión

La mayoría de la población encuestada se identifican como mujeres.

Pregunta No 4

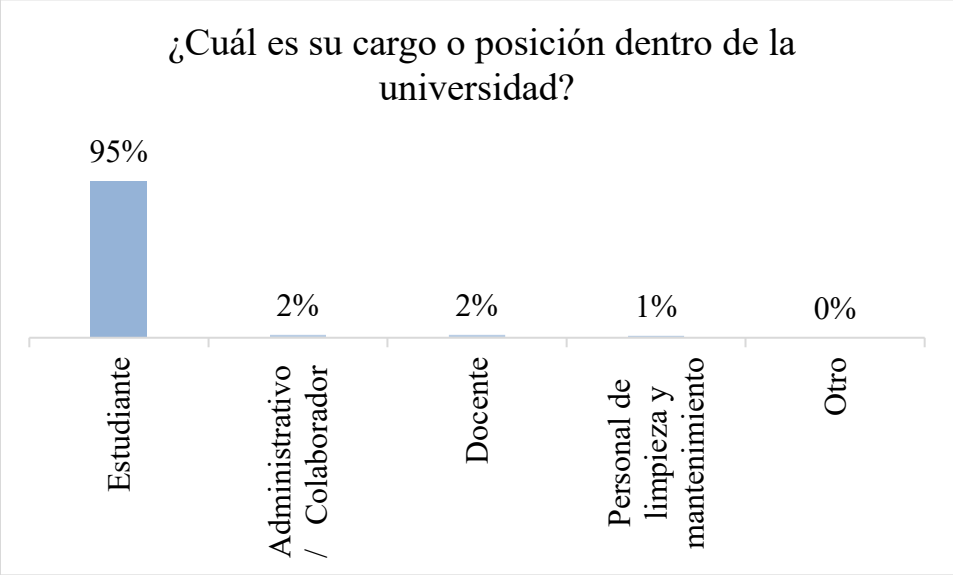
¿Cuál es su cargo o posición dentro de la universidad?

a. Estudiante____ b. Administrativo/Colaborador____ c. Docente____

d. Personal de limpieza y mantenimiento _____ e. Otro. ¿Cuál? _____

Figura 23

Cargo de los encuestados dentro de la universidad



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 95% de la población encuestada son estudiantes, el 2% son administrativos o colaboradores, otro 2% son docentes, 1% personal de limpieza y mantenimiento y un 0% tiene otro cargo en la universidad.

Conclusión

La gran mayoría de los encuestados son estudiantes.

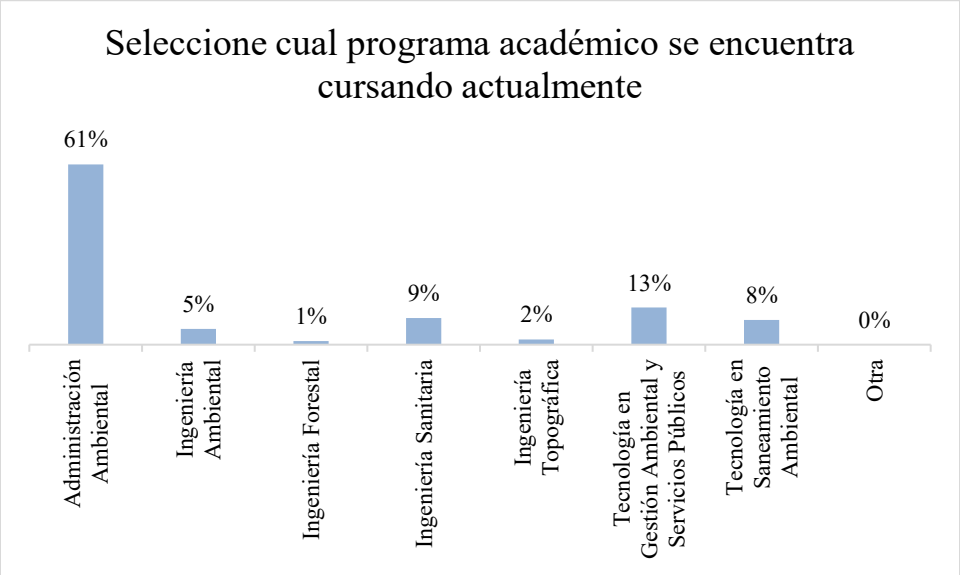
Pregunta No 5

En caso de ser estudiante, seleccione cual programa académico se encuentra cursando actualmente

a. Administración Ambiental____ b. Ingeniería Ambiental____ c. ingeniería Forestal____ d. ingeniería Sanitaria____ e. ingeniería Topográfica____ f. Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos _____ g. Tecnología en Saneamiento Ambiental _____ h. Otro. ¿Cuál? _____

Figura 24

Proyecto académico de los usuarios estudiantes encuestados



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

De los encuestados que manifestaron ser estudiantes el 61% pertenece al programa académico de Administración Ambiental, el 13% representa a los estudiantes de la Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos, el 9% son de Ingeniería Sanitaria, el 8% manifiesta ser de la Tecnología en Saneamiento Ambiental, el 5% son de Ingeniería Ambiental, el 2% son de Ingeniería Topográfica, el 1% de Ingeniería forestal y el 0% son estudiantes de otras carreras.

Conclusión

La mayoría de los estudiantes encuestados son del programa de Administración Ambiental.

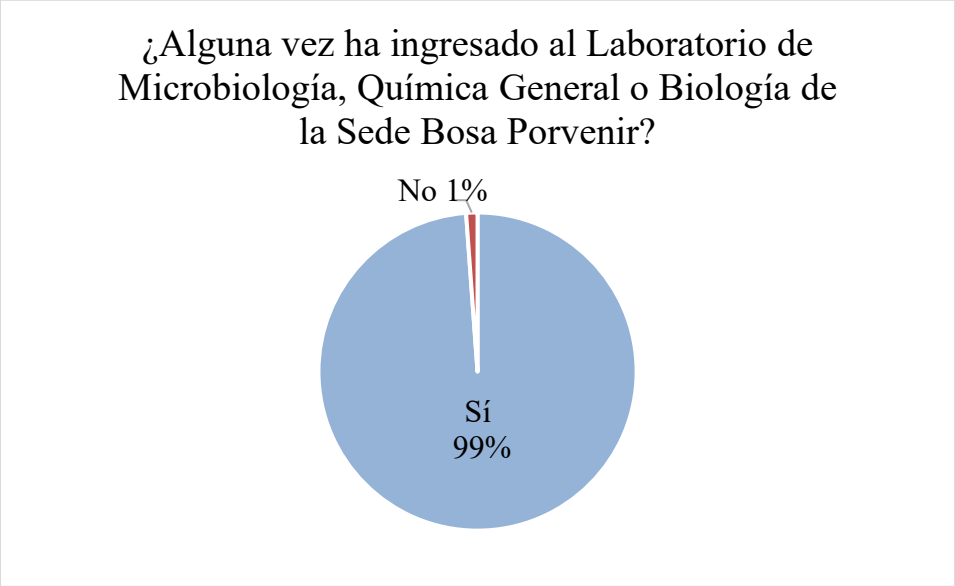
Pregunta No 6

¿Alguna vez ha ingresado al Laboratorio de Microbiología, Laboratorio de Química General o al Laboratorio de Biología de la Sede Bosa Porvenir?

a. Sí, he ingresado a uno o varios de estos ____
b. No, no he ingresado a ninguno de estos laboratorios ____

Figura 25

Encuestados que han ingresado a los laboratorios objeto de estudio



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 99% de la población encuestada manifiesta haber entrado alguna vez a los laboratorios de Microbiología, Química General y/o Biología de la Sede Bosa Porvenir y el 1% declara no haber ingresado a los laboratorios, por lo que en ese momento termina la encuesta.

Conclusión

La gran mayoría de los encuestados ha entrado alguna vez a alguno de los laboratorios objeto de estudio, por lo que se cumplieron los 172 usuarios encuestados.

Pregunta No 7

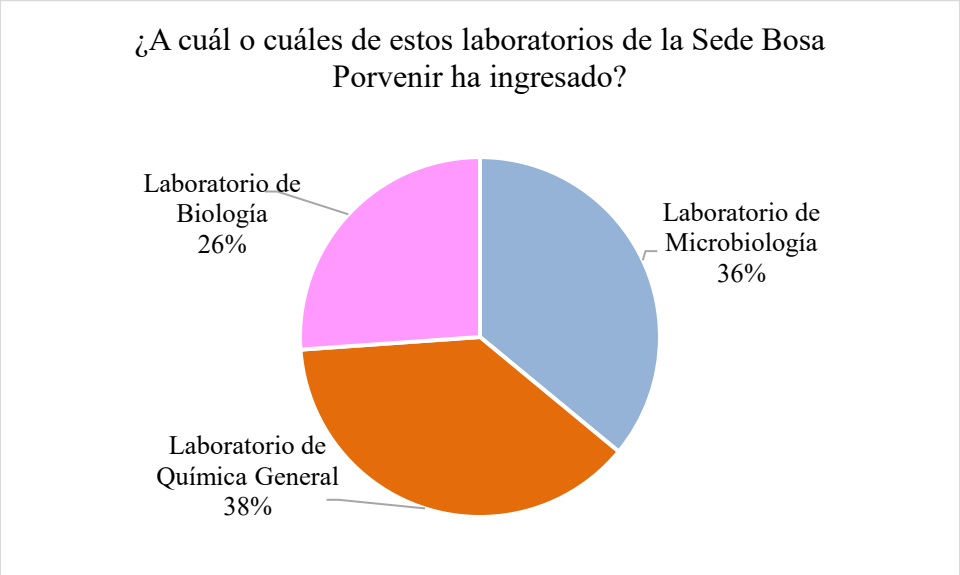
¿A cuál o cuáles de estos laboratorios de la Sede Bosa Porvenir ha ingresado?

a. Laboratorio de Microbiología____ b. Laboratorio de Química General____

c. Laboratorio de Biología____

Figura 26

Laboratorios a los que han ingresado los encuestados



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

De los usuarios encuestados un 38% ha ingresado al Laboratorio de Química General, un 36% al Laboratorio de Microbiología y un 26% reveló haber entrado alguna vez al laboratorio de Biología.

Conclusión

La mayoría de los encuestados ha ingresado alguna vez al laboratorio de Química General y Microbiología.

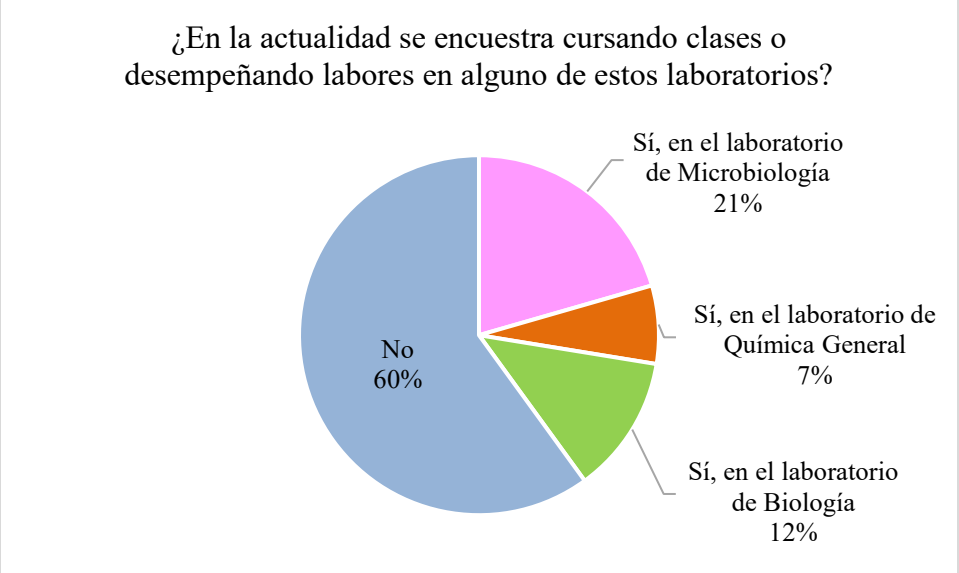
Pregunta No 8

¿En la actualidad se encuentra cursando clases o desempeñando labores en alguno de estos laboratorios?

a. Sí, en el laboratorio de Microbiología____ b. Sí, en el laboratorio de Química General____ c. Sí, en el laboratorio de Biología____ d. No, en la actualidad no me encuentro cursando clases o desempeñando labores en alguno de estos laboratorios.

Figura 27

Encuestados que están cursando actividades o desempeñando labores en los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

De la población encuestada el 60% declara no estar cursando clases o desempeñando actividades en el momento que se realizó la encuesta, el 21% manifiesta tener clase o desempeñar labores en el laboratorio de Microbiología, el 12% en el laboratorio de Biología y el 7% en el laboratorio de Química General.

Conclusión

La mayoría de la población no asiste al laboratorio en el semestre actual (2025-1).

Pregunta No 9

Si la respuesta anterior fue positiva especifique en que horario asiste al o los laboratorios mencionados

Tabla 52

Horarios en los que asisten los encuestados a los laboratorios

Código	Total	%
07. Los días jueves de 3:00 a 5:00 pm en Microbiología	10	14%
10. Miércoles de 1-3pm en el laboratorio biología	10	14%
01. Laboratorio de Microbiología en el horario de 1 a 3 de la tarde los miércoles	9	12%
11. Miércoles de 3pm a 5pm en Microbiología	9	12%
04. Laboratorio de Biología los Miércoles 7-9 am y Laboratorio de química martes 1-3 pm	5	7%
16. Horario de 7-9 am los días miércoles en Microbiología	3	4%

Código	Total	%
20. Los miércoles de 3-5PM en el laboratorio de Biología	3	4%
08. Todos los días en diferentes laboratorios de 6 a 2 en todos los laboratorios	2	3%
03. Franjas de 8 a 9 horas	1	1%
06. Laboratorio de química general de 3:00 pm a 5:00 pm y Laboratorio de Biología los miércoles de 7 a 9	1	1%
09. Lunes 7am-5pm, martes y miércoles de 7am-7pm, jueves y viernes 7am-4pm en el laboratorio de Biología	1	1%
12. Miércoles 3: pm a 5: pm y jueves 3:pm a 5: pm en Microbiología	1	1%
13. Martes de 13-15 en Microbiología	1	1%
14. 1 a 3 en química	1	1%
17. Lunes: 15-17 en Biología y Viernes: 15-17 en Química General	1	1%
18. Jueves 11am a 3:00pm en Microbiología	1	1%
19. Laboratorio de microbiología: Martes de 7 a 9 y Laboratorio de química orgánica: Miércoles de 9 a 11 (bioquímica)	1	1%
21. De 11 a 1 pm en Química general	1	1%
Total	**172**	**82%**

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 14% de los usuarios que manifestaron estar cursando clases o desempeñando labores actualmente lo hacen en el laboratorio de Microbiología los días jueves de 15:00 a 15:00 h, otro 14% se encuentra en el laboratorio de Biología los miércoles de 13:00 a 15:00 h. Un 12% cursa clases en el laboratorio de Microbiología los miércoles en el horario de 13:00 a 15:00 h, otro 12% el mismo día, pero en el horario de 15:00 a 17:00 h, mientras que un 7% de los usuarios actuales tiene clases en el laboratorio de Biología los miércoles de 7:00 a 9:00 h y en el laboratorio de Química General los martes de 13:00 a 15:00 h.

Conclusión

La mayoría de los usuarios que asisten actualmente al laboratorio lo hacen en el laboratorio de Microbiología los días jueves de 15:00 a 15:00 h y en el laboratorio de Biología los miércoles de 13:00 a 15:00 h.

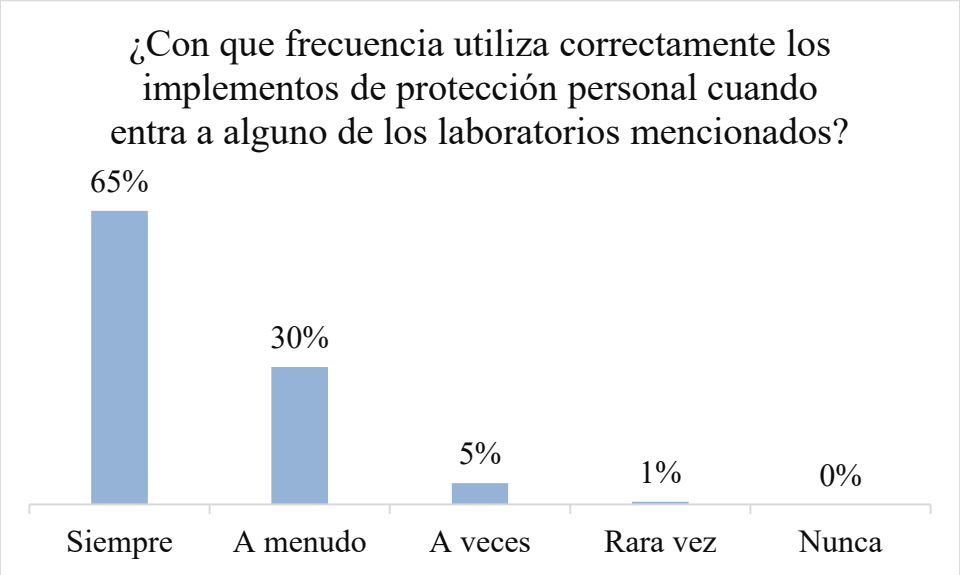
Pregunta No 10

¿Con que frecuencia utiliza correctamente los implementos de protección personal cuando entra a alguno de los laboratorios mencionados?

Siempre A menudo A veces Rara vez Nunca

Figura 28

Frecuencia con que los encuestados utilizan los implementos de protección personal



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

De los usuarios que han ingresado alguna vez a los laboratorios objeto de estudio el 65% manifiesta siempre utilizar los implementos de protección personal correctamente, el 30% expresa utilizarlos correctamente a menudo, el 5% representa a los usuarios que los usan a veces correctamente, el 1% rara vez y el 0% nunca.

Conclusión

La gran mayoría de usuarios utiliza correctamente los implementos de protección personal cuando ingresan al Laboratorio de Microbiología, Química General y/o Biología.

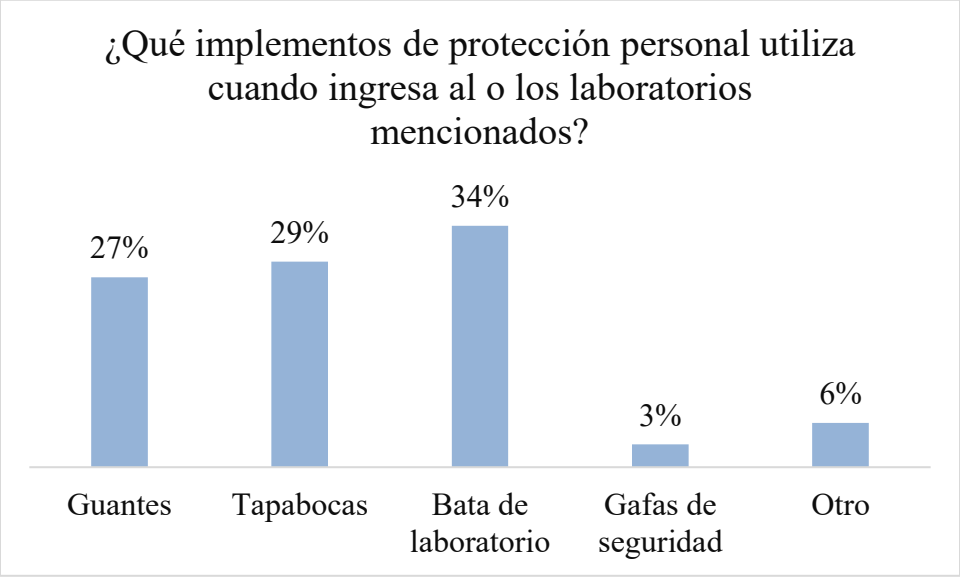
Pregunta No 11

¿Qué implementos de protección personal utiliza cuando ingresa al o los laboratorios mencionados?

a. Guantes ____ b. Tapabocas____ c. Bata de laboratorio____ d. Gafas de seguridad____ e. Otro. ¿Cuál? ____

Figura 29

Implementos de protección personal que utilizan los encuestados en los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Tabla 53

Respuestas sobre otros implementos de protección personal que usan los usuarios

Código	Total	%
01. Cofia	**31**	100%
Total	**31**	**100%**

Otro. ¿Cuál?_____

De los usuarios encuestados el 34% manifiesta utilizar bata de laboratorio al ingresar a los laboratorios, el 29% tapabocas, el 27% guantes, el 6% otro y el 3% gafas de seguridad.

Del 6% los usuarios que declararon usar otro implemento de seguridad el 100% expresó usar cofia al entrar a los laboratorios.

Conclusión

La mayoría de los encuestados usa bata de laboratorio y todos los usuarios que declararon usar otro implemento se refieren a la cofia.

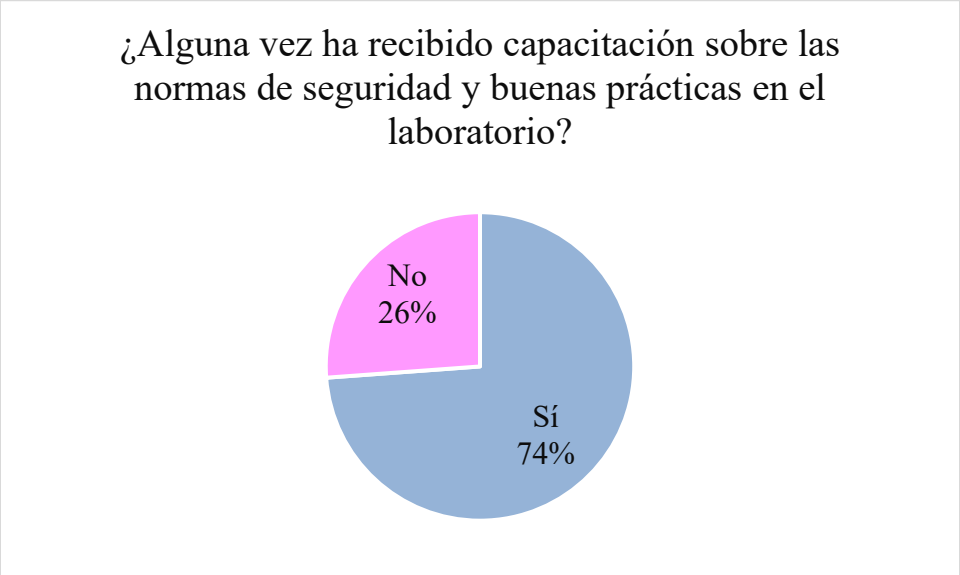
Pregunta No 12

¿Alguna vez ha recibido capacitación sobre las normas de seguridad y buenas prácticas en el laboratorio?

a. Sí____ b. No____

Figura 30

Encuestados que han recibido capacitación



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 74% de los usuarios encuestados alguna vez ha recibido capacitación sobre las normas de seguridad y buenas prácticas en el laboratorio, mientras que el 26% no.

Conclusión

La mayoría de encuestados ha presenciado capacitaciones sobre las normas de seguridad y buenas prácticas en los laboratorios.

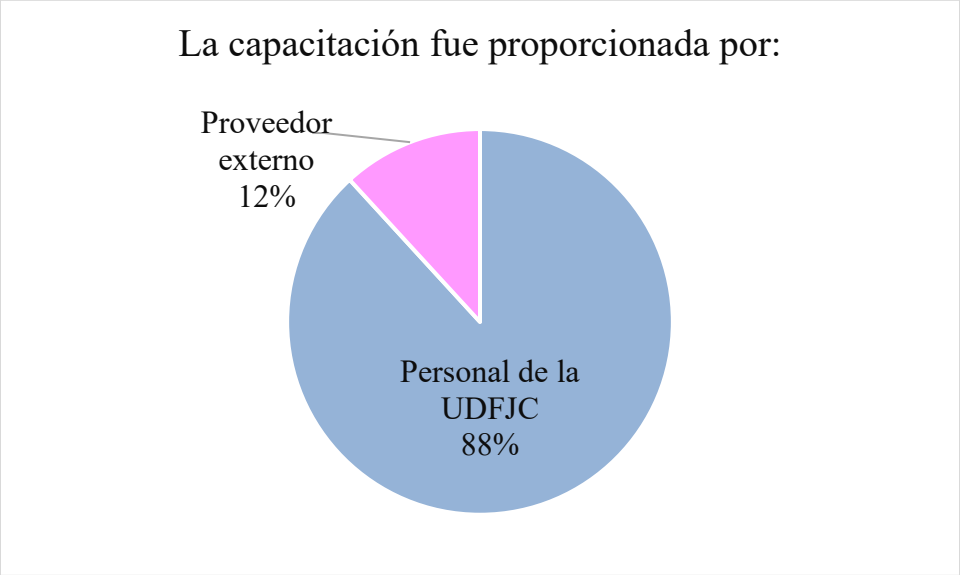
Pregunta No 13

La capacitación fue proporcionada por:

a. Personal de la UDFJC____ b. Proveedor externo____

Figura 31

Fuente de la capacitación



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

De las personas que declararon haber estado en una capacitación, el 88% recibió la capacitación por parte del personal de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y el 12% fue por parte de un proveedor externo a la universidad.

Conclusión

La mayoría de las personas que ha recibido capacitación sobre las normas de seguridad y buenas prácticas en los laboratorios la obtuvieron por parte de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

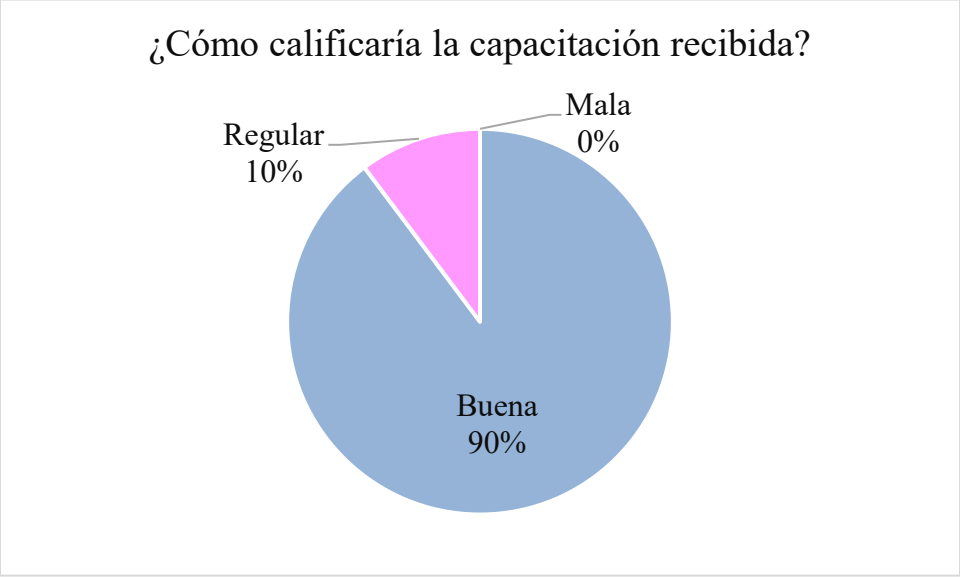
Pregunta No 14

¿Cómo calificaría la capacitación recibida?

a. Buena____ b. Regular____ c. Mala____

Figura 32

Calificación de la capacitación



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

De los encuestados que han recibido capacitación el 90% declara que esta fue buena, el 10% la califica como regular y el 0% como mala.

Conclusión

La gran mayoría de los usuarios capacitados manifiestan que la capacitación fue buena,

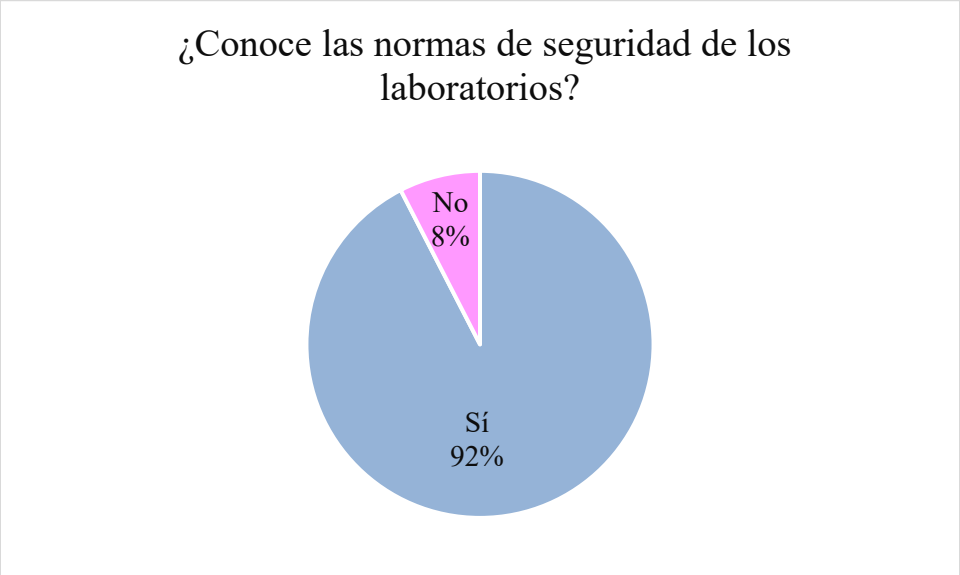
Pregunta No 15

¿Conoce las normas de seguridad de los laboratorios?

a. Sí____ b. No____

Figura 33

Conocimiento de los encuestados sobre las normas de seguridad de los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Del total de los usuarios encuestados el 92% declara conocer las normas de seguridad de los laboratorios, mientras que el 8% restante no las conoce.

Conclusión

La gran mayoría de encuestados si conoce las normas de seguridad de los laboratorios.

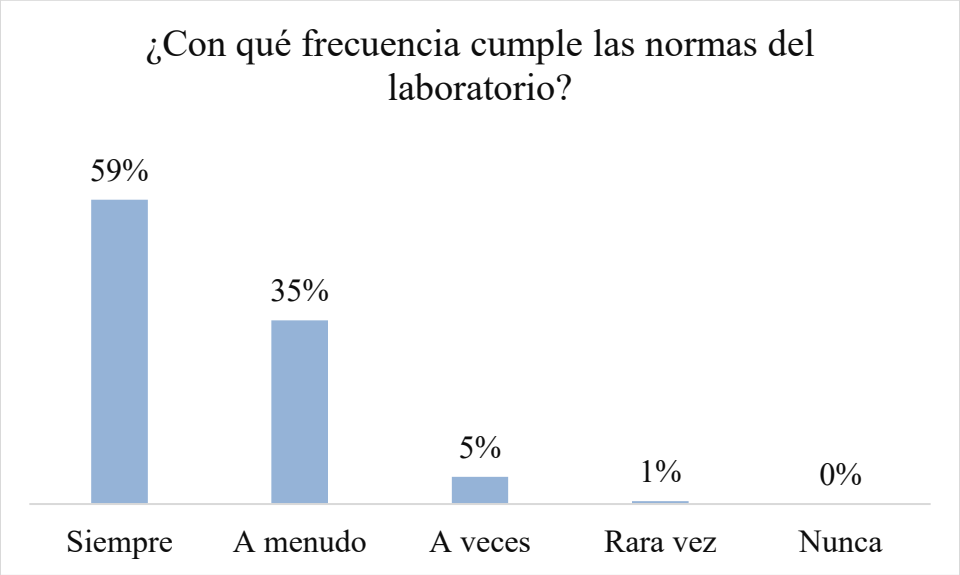
Pregunta No 16

¿Con qué frecuencia cumple las normas del laboratorio?

Siempre A menudo A veces Rara vez Nunca

Figura 34

Frecuencia de cumplimiento de las normas de seguridad de los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Del total de los usuarios encuestados el 59% manifiesta cumplir siempre las normas de los laboratorios, el 35% cumple las normas a menudo, el 5% a veces, el 1% rara vez y el 0% nunca cumple las normas.

Conclusión

Mas de la mitad de los usuarios encuestados siempre cumple con las normas de los laboratorios.

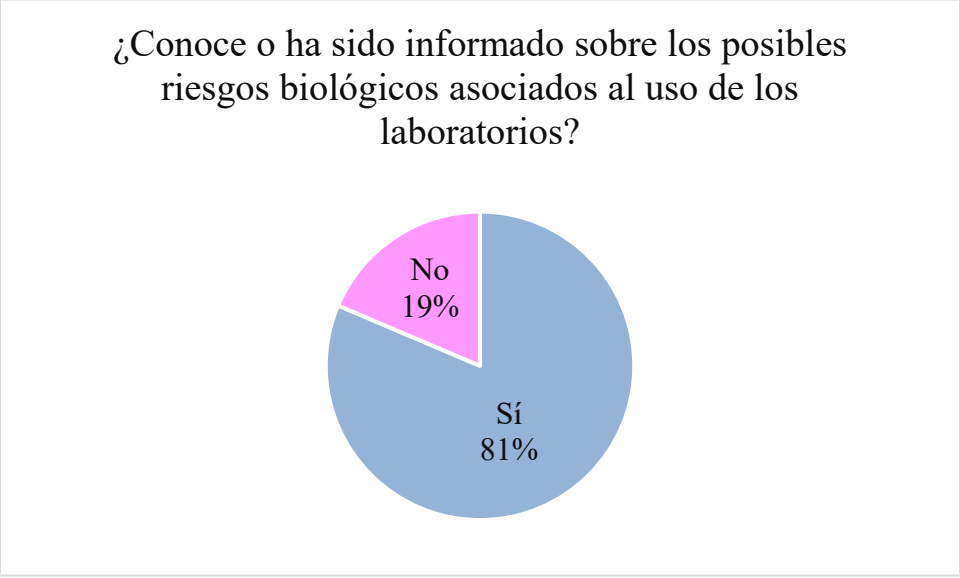
Pregunta No 17

¿Conoce o ha sido informado sobre los posibles riesgos biológicos asociados al uso de los laboratorios?

a. Sí____ b. No____

Figura 35

Conocimiento de los encuestados sobre los riesgos biológicos de los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Del total de los usuarios encuestados el 81% declara conocer o haber sido informado sobre los posibles riesgos biológicos asociados al uso de los laboratorios, mientras que el 19% desconoce dichos riesgos.

Conclusión

La gran mayoría de usuarios si conocen o han sido informado sobre los posibles riesgos biológicos de los laboratorios a los que están expuestos al estar los laboratorios.

Pregunta No 18

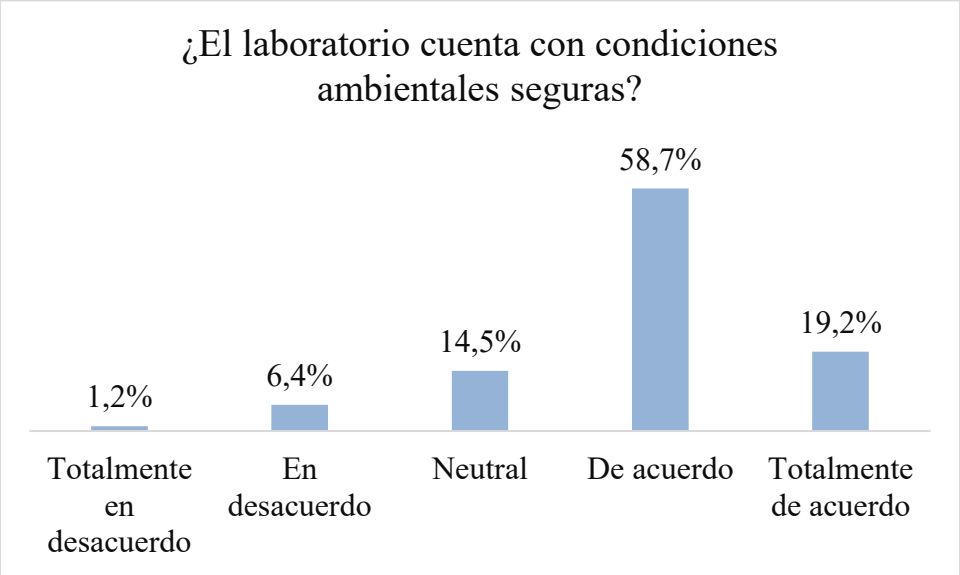
Indique su nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

- El laboratorio cuenta con condiciones ambientales seguras

Figura 36

Nivel de acuerdo de los encuestados sobre condiciones ambientales seguras de los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Del total de encuestados el 58,7% opina que esta de acuerdo con que el o los laboratorios a los que han ingresado cuenta con condiciones ambientales seguras, el 19,2% esta totalmente de acuerdo, el 14,5% esta en una posición neutral, el 6,4% expone estar en desacuerdo y el 1,2% está totalmente en desacuerdo.

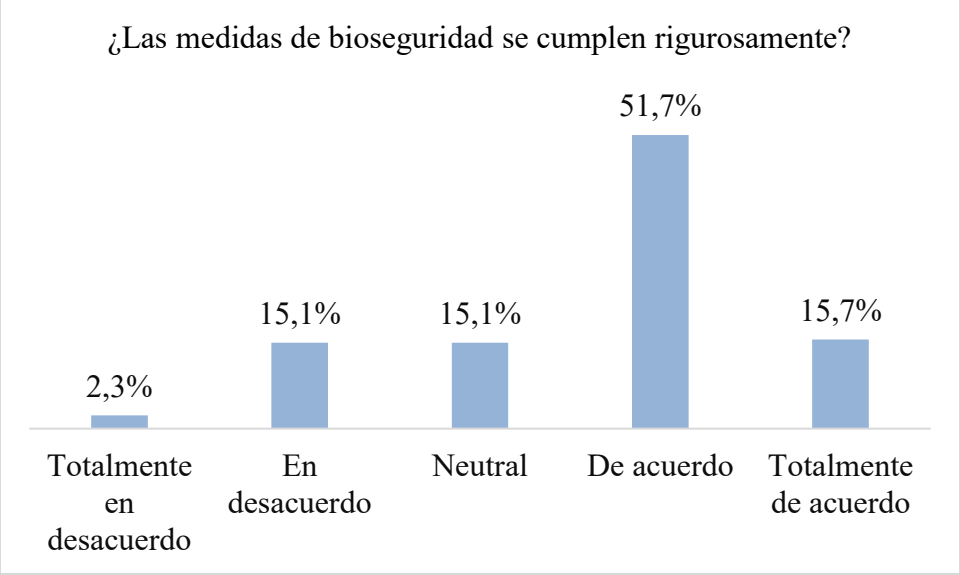
Conclusión

Mas de la mitad de los usuarios encuestados manifiesta estar de acuerdo con que los laboratorios tienen condiciones ambientales seguras.

- Las medidas de bioseguridad se cumplen rigurosamente

Figura 37

Nivel de acuerdo de los encuestados sobre el cumplimiento de las medidas de bioseguridad



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 51,7% del total de los usuarios encuestados está de acuerdo con que las medidas de bioseguridad se cumplen rigurosamente en los laboratorios. Por otro lado, se observa una distribución muy pareja entre las percepciones, pues el 15,7% está totalmente de acuerdo, el

15,1% en desacuerdo y otra 15,1% se mantiene neutral. Además, un 2,3% está totalmente en desacuerdo.

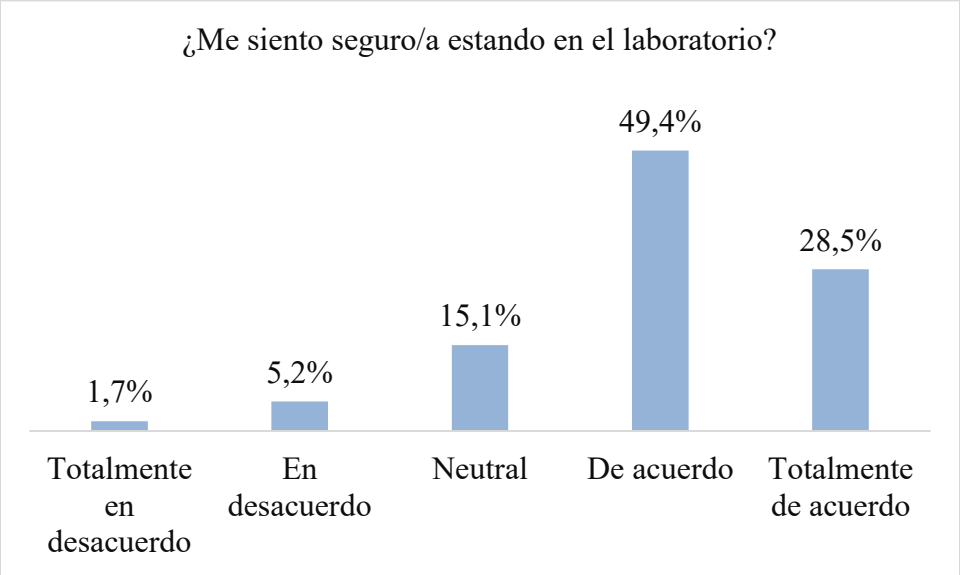
Conclusión

La mayoría de los encuestados están de acuerdo con la afirmación “las medidas de bioseguridad se cumplen rigurosamente en los laboratorios”

- Me siento seguro/a estando en el laboratorio

Figura 38

Nivel de acuerdo de los encuestados sobre sentirse seguros en el laboratorio



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

En cuanto a la afirmación “Me siento seguro/a estando en el laboratorio”, el 49,4% de los encuestados está de acuerdo, el 28,5% se encuentra totalmente de acuerdo, el 15,1% se mantiene en una posición neutral, mientras que un 5,2% está en desacuerdo y el 1,7% totalmente en desacuerdo.

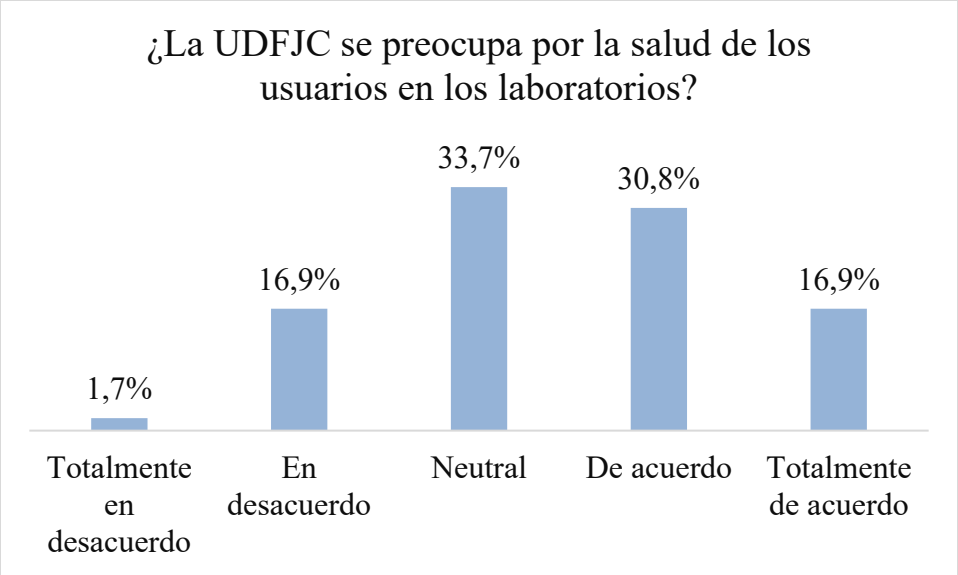
Conclusión

La mayoría de los encuestados se sienten seguros estando en el laboratorio.

- La UDFJC se preocupa por la salud de los usuarios en los laboratorios

Figura 39

Nivel de acuerdo de los encuestados sobre que la universidad se preocupa por la salud de los usuarios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Del total de encuestados el 33,7% se encuentra neutral frente a la afirmación sobre que la universidad se preocupa por la salud de los usuarios en el laboratorio, el 30,8% está de acuerdo, el 16,9% está en desacuerdo y otro 16,9% manifiesta estar totalmente de acuerdo. Por último, el 1,7% está totalmente en desacuerdo.

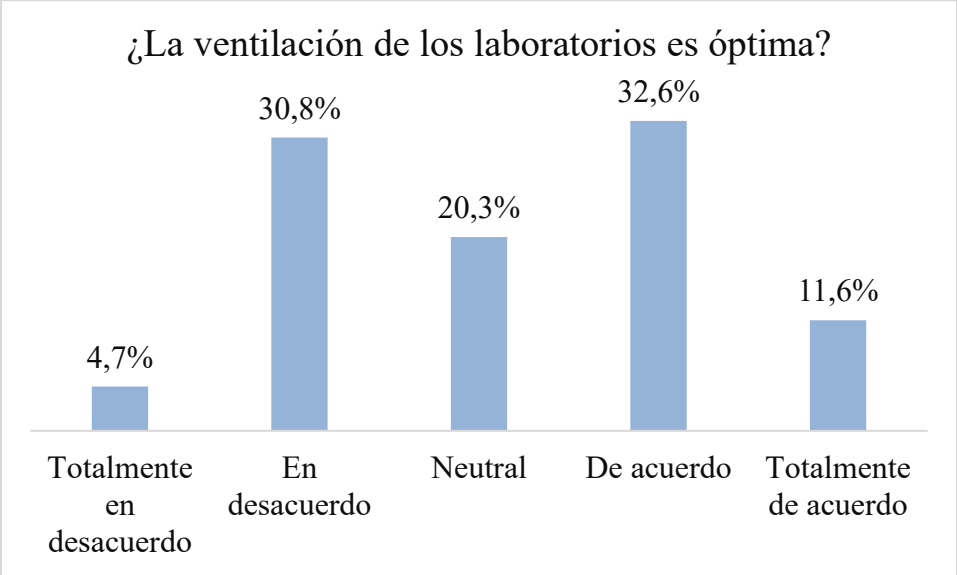
Conclusión

En este caso las opiniones están divididas porque el 33,7% está neutral y el 30,8% de acuerdo con que la universidad se preocupa por la salud de los usuarios de los laboratorios.

- La ventilación de los laboratorios es óptima

Figura 40

Nivel de acuerdo de los encuestados sobre la ventilación óptima de los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

En cuanto a la ventilación de los laboratorios, el 32,6% de los encuestados consideran estar de acuerdo con que es óptima, el 30,8% están en desacuerdo, el 20,3% se mantienen neutrales, el 11,6% están totalmente de acuerdo, mientras que un 4,7% están totalmente en desacuerdo.

Conclusión

Las opiniones se encuentran divididas, porque una parte de la población encuestada está de acuerdo con que la ventilación de los laboratorios es óptima, mientras que otra parte manifiestan estar en desacuerdo.

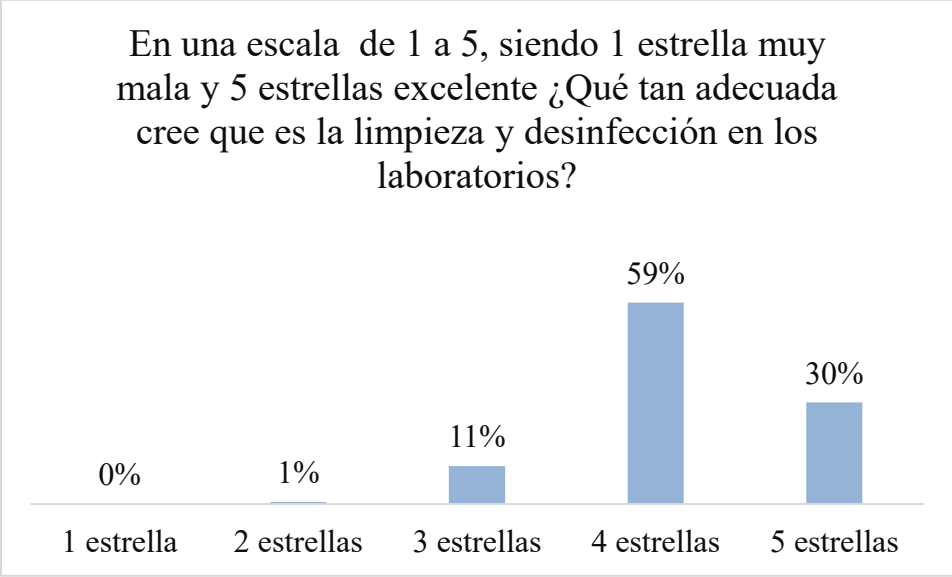
Pregunta No 19

En una escala de 1 a 5 estrellas, siendo 1 estrella muy mala y 5 estrellas excelente ¿Qué tan adecuada cree que es la limpieza y desinfección en los laboratorios?

1 estrella 2 estrellas 3 estrellas 4 estrellas 5 estrellas

Figura 41

Nivel de satisfacción de los encuestados con la limpieza y desinfección de los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Del total de los encuestados el 59% le dan una puntuación de 4 estrellas a la limpieza y desinfección de los laboratorios, un 30% otorgan una calificación de 5 estrellas, el 11% de 3 estrellas, un 1% de 2 estrellas y el 0% de 1 estrella.

Conclusión

La mayoría de los usuarios encuestados otorgan una calificación de 4 estrellas a la limpieza y desinfección de los laboratorios, siendo está una calificación alta.

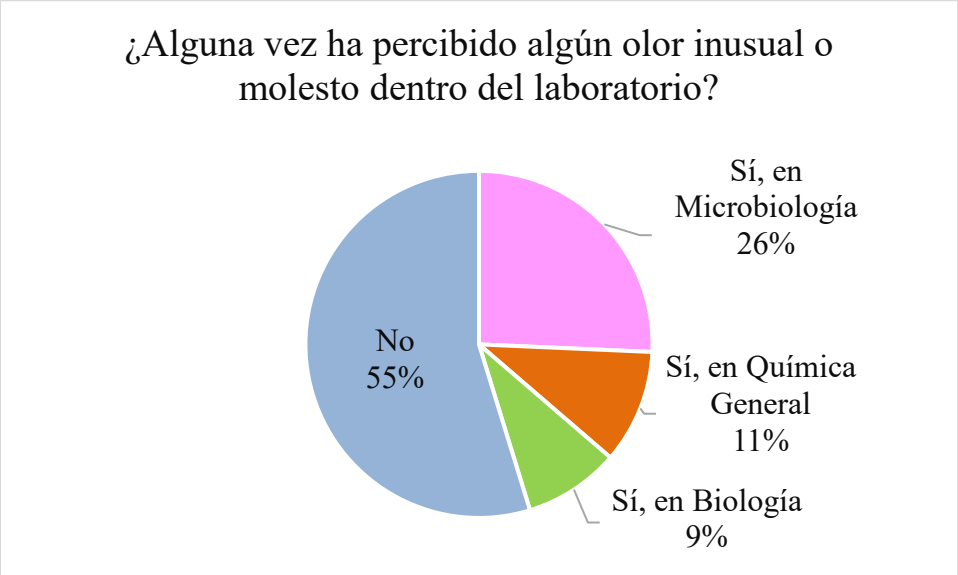
Pregunta No 20

¿Alguna vez ha percibido algún olor inusual o molesto dentro del laboratorio?

a. Sí, en el Laboratorio de Microbiología____ b. Sí, en el Laboratorio de Química General____ c. Sí, en el Laboratorio de Biología____ d. No, no he percibido ningún olor inusual o molesto en alguno de los laboratorios mencionados____

Figura 42

Percepción de los encuestados sobre olores inusuales o molestos en los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Del total de los encuestados el 55% no ha percibido algún olor inusual o molesto dentro de un laboratorio, el 26% si lo ha percibido en el laboratorio de Microbiología, el 11% en el laboratorio de Química General y el 9% en el laboratorio de Biología.

Conclusión

Más de la mitad de los encuestados nunca ha percibido un olor inusual o molesto dentro de uno de los laboratorios objeto de estudio.

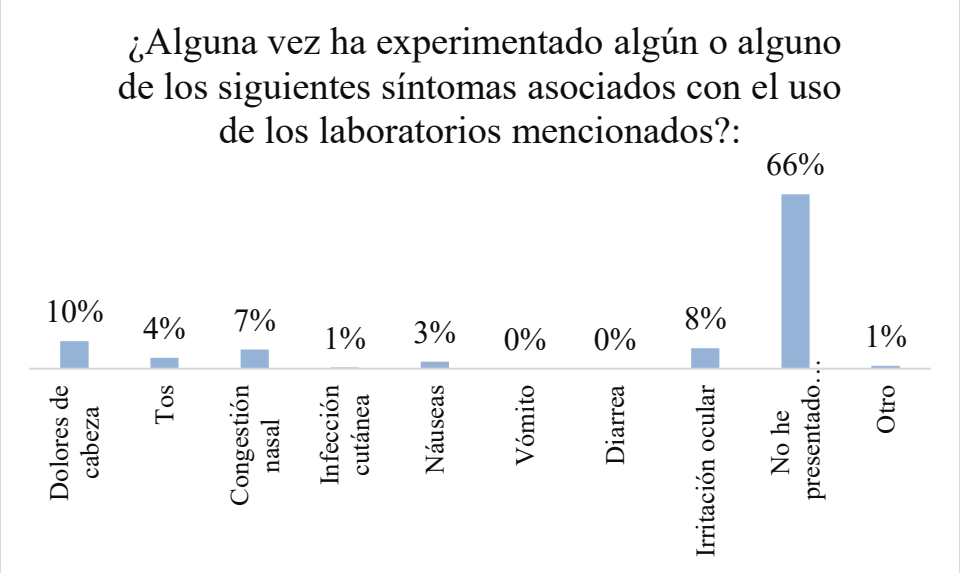
Pregunta No 21

¿Alguna vez ha experimentado algún o alguno de los siguientes síntomas asociados con el uso de los laboratorios anteriormente mencionados?:

a. Dolores de cabeza____ b. Tos____ c. Congestión nasal____ d. Infección cutánea____ e. Náuseas____ f. Vómito____ g. Diarrea____ h. Irritación Ocular____ I. No he presentado síntomas____ j. Otro. ¿Cuál? ____

Figura 43

Síntomas de los encuestados asociados con el uso de laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Tabla 54

Otros síntomas asociados al uso de los laboratorios

Código	Total	%
01. Dolor de estómago	1	50%
02. Alergia	1	50%
Total	**2**	**100%**

Otro. ¿Cuál? ____

Del total de la población el 66% reporta no haber presentado algún síntoma asociado al uso de los laboratorios objeto de estudio, el 10% ha presentado dolores de cabeza, el 8% irritación ocular, el 7% congestión nasal, el 4% tos, el 3% nauseas, el 1% infección cutánea y otro 1% manifestó haber presentado otro síntoma asociado, de los cuales el 50% se refería a dolor de estómago y el otro 50% a alergias.

Conclusión

La gran mayoría de los encuestados no ha presentado síntomas asociados al uso de los laboratorios.

Pregunta No 22

Si ha presentado alguno de los síntomas mencionados en la pregunta anterior. Mencione en cual laboratorio fue y describa brevemente la situación.

Tabla 55

Situación asociada a los síntomas presentados debido al uso de los laboratorios

Código	Total	%
06. Dolor de cabeza en el laboratorio de microbiología, debido a olores fuertes	6	9%
11. En el laboratorio de Química General, debido a olores fuertes	3	5%
12. Química por ventilación deficiente	3	5%
02. Irritación ocular por uso de químicos en el laboratorio de Química General	2	3%
09. Irritación ocular por el uso del Microscopio en el laboratorio de biología	2	3%
22. Presente náuseas en el laboratorio de química por olores fuertes de solventes	2	3%
27. Me dio tos en el laboratorio de biología por un olor fuerte	2	3%
29. Congestión nasal en microbiología por olores fuertes	2	3%
30. Irritación ocular en microbiología por olor fuerte de los cultivos	2	3%
01. En el laboratorio de microbiología haciendo aislamientos de hongos	1	2%
03. En la semana en la que trabajan con mohos en el laboratorio de microbiología se presenta exacerbación de síntomas alergorespiratorios, irritación y escozor en los ojos, y piel del rostro, incremento de congestión nasal y estornudos. Además, dolores de	1	2%

Código	Total	%
cabeza de manera relativamente frecuente, aunque se ha asociado a las luces blancas del laboratorio, el ruido de lo equipos y los olores propios de las actividades del laboratorio.		
04. En general en el laboratorio de microbiología cuando se usan microorganismos	1	2%
07. En laboratorios de la sede en general, probablemente por el polvo debido a que estos no cuentan con mucha ventilación.	1	2%
08. En el laboratorio de Microbiología, dolor de cabeza porque no había almorzado y se estaba haciendo conteo de colonias	1	2%
10. En el laboratorio de química por uso del elemento químico Azufre, el cual es característico por su olor molesto y al reaccionarlo se salió el gas causando un olor desagradable que permaneció por días, dolor de garganta y dolor de cabeza.	1	2%
13. En los laboratorios de Química general y Biología por olores inusuales, aunque es más frecuente en el laboratorio de química general	1	2%
14. En todos los laboratorios debido a la rinitis	1	2%
15. En el laboratorio de biología por olores fuertes que se perciben en el ambiente	1	2%
16. Malestar en el laboratorio de química atribuido a la inhalación de algún gas	1	2%
17. En el laboratorio de química, debido a los olores de los galones donde se vierten los reactivos	1	2%

Código	Total	%
18. En el laboratorio de Microbiología me dio irritación ocular cuando estábamos analizando hongos	1	2%
19. En el laboratorio de microbiología, mientras realizamos microscopia de hongos me dolió la cabeza y me dio tos	1	2%
20. En el laboratorio de microbiología presente alergias y congestión nasal cuando se trabaja con hongos	1	2%
21. En el laboratorio de microbiología, durante la práctica de medios de cultivo sentí irritación en los ojos	1	2%
23. En microbiología luego de una práctica de medios de cultivo sentí congestión nasal y tos por el polvo	1	2%
24. Dolor de cabeza en química por práctica con alcoholes	1	2%
25. Irritación ocular en microbiología por manejo de cultivos	1	2%
26. En microbiología al manipular cajas con microorganismos me dio irritación ocular	1	2%
28. Náuseas en el laboratorio de microbiología por olores fuertes	1	2%
31. En microbiología presente tos por olores fuertes	1	2%
Total	**172**	**69%**

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

De las personas que manifestaron presentar síntomas asociados con el uso de los laboratorios, el 9% tuvo dolores de cabeza en el laboratorio de Microbiología debido a olores fuertes, mientras que un 5% manifiesta síntomas similares, pero en el laboratorio de Química

General y otro 5% declara que es por la ventilación deficiente. Por otro lado, un 3% manifestó tener irritación ocular por el uso de químicos en el laboratorio de Química General, otro 3% por el uso del microscopio en el laboratorio de Biología, otro 3% ha presentado nauseas en el laboratorio de Química por olores fuertes de solventes específicamente, otro 4% declara presentar tos en el laboratorio de Biología por olores fuertes asociados. Además, un 3% expone tener congestión nasal en el laboratorio de Microbiología por olores fuerte y otro 3% irritación ocular por olores de cultivos específicamente.

Conclusión

La mayoría de las personas que manifestaron presentar síntomas están asociados a los olores fuertes de los laboratorios.

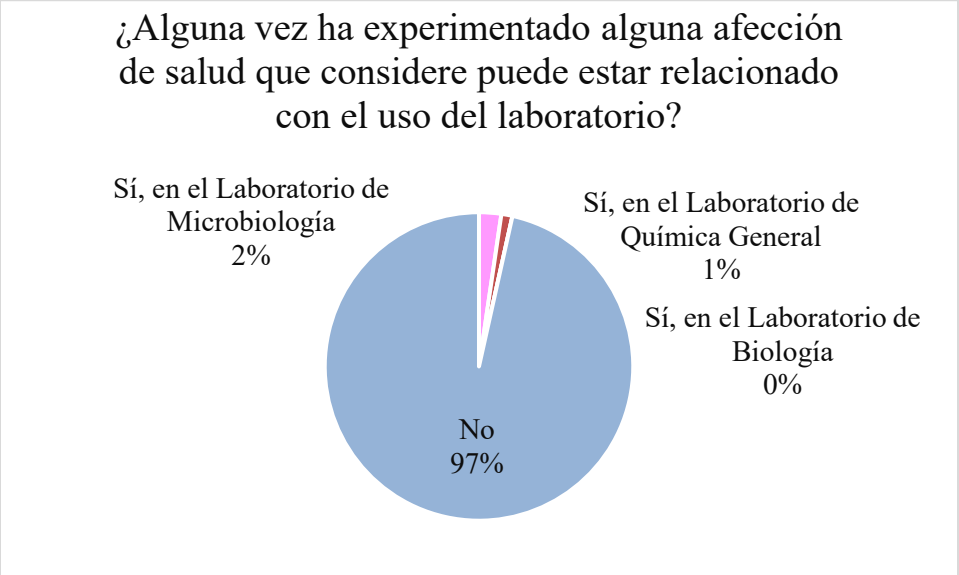
Pregunta No 23

¿Alguna vez ha experimentado alguna afección de salud que considere puede estar relacionado con el uso del laboratorio?

a. Sí, en el Laboratorio de Microbiología____ b. Sí, en el Laboratorio de Química General____ c. Sí, en el Laboratorio de Biología____ d. No, no he presentado afectaciones a la salud relacionadas

Figura 44

Afecciones de la salud de los encuestados relacionadas con el uso de los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

Del total de los encuestados el 97% manifiesta no haber tenido afecciones a la salud relacionadas con el uso de los laboratorios, el 2% si ha presentado afectaciones en el laboratorio de Microbiología, el 1% en el de Química General y el 0% en el laboratorio de Biología.

Conclusión

La gran mayoría de los usuarios encuestados no ha tenido afecciones a la salud relacionadas con el uso de los laboratorios.

Pregunta No 24

Si su respuesta a la anterior pregunta fue positiva, explique brevemente que actividad se encontraba realizando el día que presentó problemas en la salud

Tabla 56

Actividad que realizaban los encuestados cuando presentaron los problemas en la salud

Código	Total	%
01. Lecturas en medios de cultivo en el laboratorio de Microbiología	1	17%
03. En temporadas de alto flujo de trabajo incrementan síntomas de rinitis alérgica tanto por la exposición a esporas o aerosoles de microorganismos con los que se trabaja como exposición olores y vapores de sustancias químicas o detergentes. congestiona nasal, prurito en ojos, escurrimiento nasal dermatitis en piel de dedos de las manos en el laboratorio de Microbiología.	1	17%
04. Manipulación de reactivos cómo el reactivo de Kovacs en el laboratorio de Microbiología	1	17%
05. En el laboratorio de química presente reacciones alérgicas	1	17%
06. En el laboratorio de química se mezcló una sustancia química que suelta gas, la cual no quedo tapada correctamente y soltó su gas	1	17%
07. En microbiología al abrir la caja de Petri con hongos para hacer microscopía sentí irritación	1	17%
Total	**6**	**100%**

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

En este caso cada persona que ha tenido afecciones a la salud debido al uso de los laboratorios ha presentado situaciones diferentes, por lo que un 17% fue debido a lecturas de medios de cultivo en el laboratorio de Microbiología, otro 17% presenta En temporadas de alto flujo de trabajo incrementan síntomas de rinitis alérgica tanto por la exposición a esporas o aerosoles de microorganismos, olores y vapores de sustancias químicas o detergentes. congestiona nasal, prurito en ojos, escurrimiento nasal dermatitis en piel de dedos de las manos en el laboratorio de Microbiología, dichos síntomas incrementan en temporadas de alto flujo de trabajo. Por otro lado, otro 17% manifiesta tener síntomas asociados a la manipulación de reactivos como el reactivo de Kovacs en el mismo laboratorio, otro 17% ha presentado reacciones alérgicas en el laboratorio de Química General, así mismo otro 17% expone una situación en la que una sustancia química que suelta gas no quedo bien cerrada y le causo molestias, y, por último, otro 17% sintió irritación en el laboratorio de Microbiología al abrir una caja de Petri con hongos para realizar microscopia.

Conclusión

Todos los usuarios han tenido afecciones a la salud, debido a diferentes situaciones, mayoritariamente en el laboratorio de Microbiología.

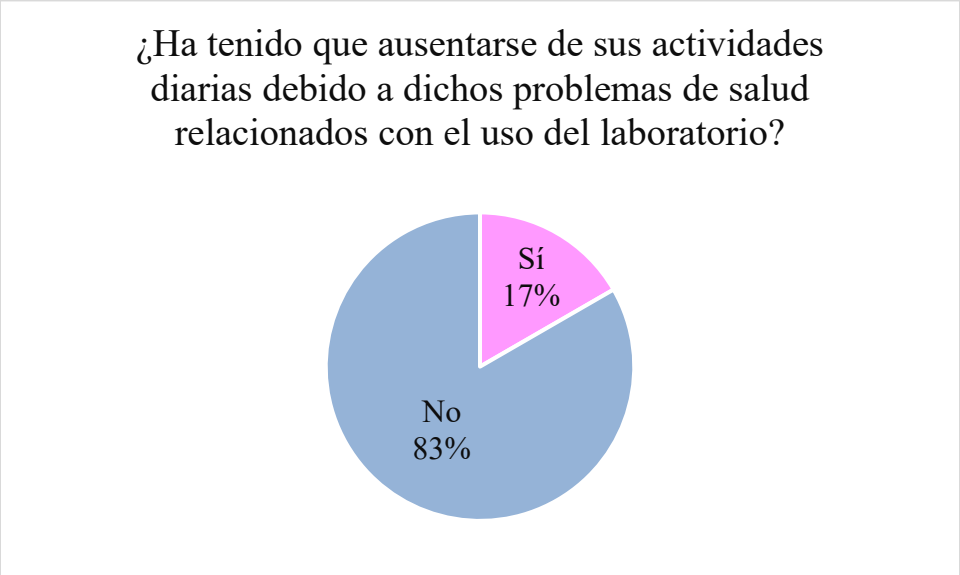
Pregunta No 25

¿Ha tenido que ausentarse de sus actividades diarias debido a dichos problemas de salud relacionados con el uso del laboratorio?

a. Sí____ b. No

Figura 45

Encuestados ausentados debido a los problemas de salud relacionados con el uso de los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 83% de las personas que han presentado problemas de la salud relacionados con el uso de los laboratorios no han tenido que ausentarse de sus actividades, mientras que el 17% sí.

Conclusión

La gran mayoría de los usuarios no han tenido que ausentarse de sus actividades debido a estar afectaciones.

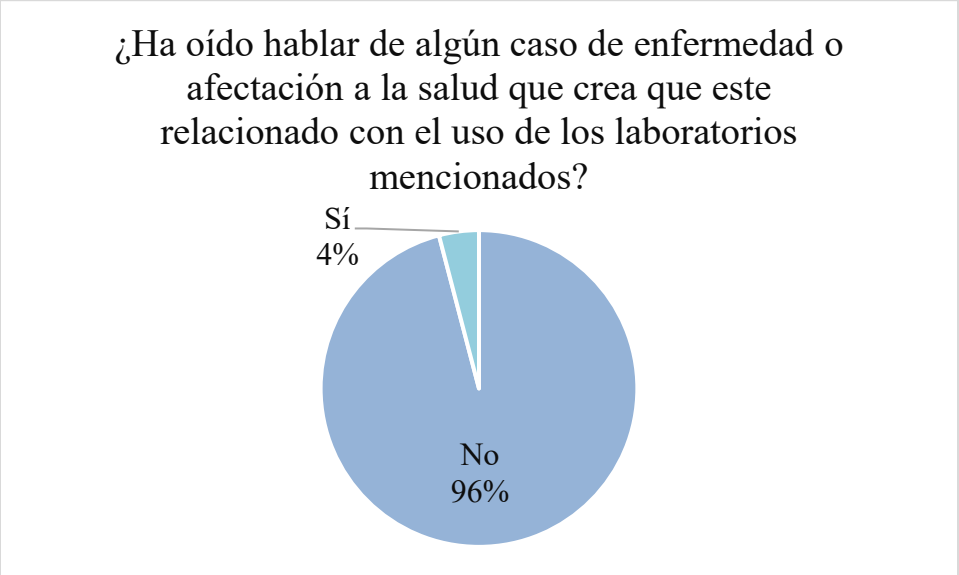
Pregunta No 26

¿Ha oído hablar de algún caso de enfermedad o afectación a la salud que crea que esté relacionado con el uso de los laboratorios mencionados?

a. Sí____ b. No

Figura 46

Encuestados que conocen sobre casos de enfermedad o afectación a la salud asociado al uso de los laboratorios



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 96% de los usuarios encuestados no ha escuchado de algún caso de salud asociado al uso de los laboratorios mientras que un 4% sí.

Conclusión

La gran mayoría de encuestados no tiene conocimientos sobre casos de la salud relacionados al uso de los laboratorios.

Pregunta No 27

Describa brevemente la situación y en qué laboratorio se presentó

Tabla 57

Situación sobre enfermedades o afectaciones a la salud debido al uso de los laboratorios

Código	Total	%
01. Quema con ácidos en la mano	1	17%
02. A mí hermano se le creció un hongo en el brazo por no lavarse bien las manos en el laboratorio de microbiología	1	17%
03. Una compañera con rinitis alérgica empeoró su alergia luego de una práctica en el laboratorio de microbiología	1	17%
04. Un compañero le dio irritación ocular durante la misma práctica de medios de cultivo	1	17%
05. Una compañera se quemó un poco la mano porque se rompió un recipiente con una sustancia caliente	1	17%
06. A una compañera le dio mucha tos después de una práctica en el laboratorio de microbiología	1	17%
Total	**6**	**100%**

Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 17% de los encuestados que ha escuchado de afectaciones a la salud relacionadas con el uso de los laboratorios manifiesta que están asociadas a la quema con ácidos en la mano, otro 17% con la aparición de un hongo en el brazo debido a lo lavarse correctamente las manos después de una práctica del laboratorio de Microbiología, otro 17% habla sobre el empeoramiento de la rinitis alérgica luego de una práctica en este laboratorio. De manera similar, otro 17% conoce de irritación ocular durante la práctica de medios de cultivo y otro 17% habla sobre un caso asociado a otra práctica en dicho laboratorio a que le ocasiono mucha tos. Y, por otro lado, un 17% presencio un accidente de quemadura en la mano porque se rompió un recipiente con una sustancia caliente.

Conclusión

Las situaciones presentadas en el laboratorio de Microbiología se asocian con la naturaleza de las practicas, mientras que en el laboratorio de Química General son debido a accidentes.

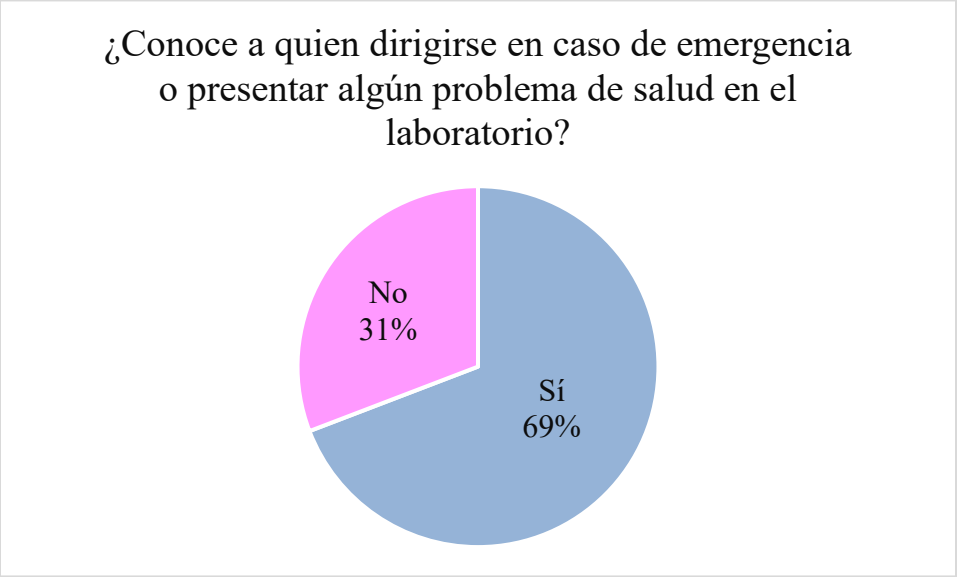
Pregunta No 28

¿Conoce a quien dirigirse en caso de emergencia o presentar algún problema de salud en el laboratorio?

a. Sí____ b. No

Figura 47

Conocimiento de los encuestados sobre a quién dirigirse en caso de emergencia o al presentar problemas de salud en el laboratorio



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 69% del total de usuarios encuestados conoce a quien dirigirse en caso de emergencia o presentar un problema de salud en el laboratorio, mientras que el 31% desconoce esta información.

Conclusión

La mayoría de encuestados efectivamente conoce a quien dirigirse en caso de emergencia o presentar un problema de salud en el laboratorio

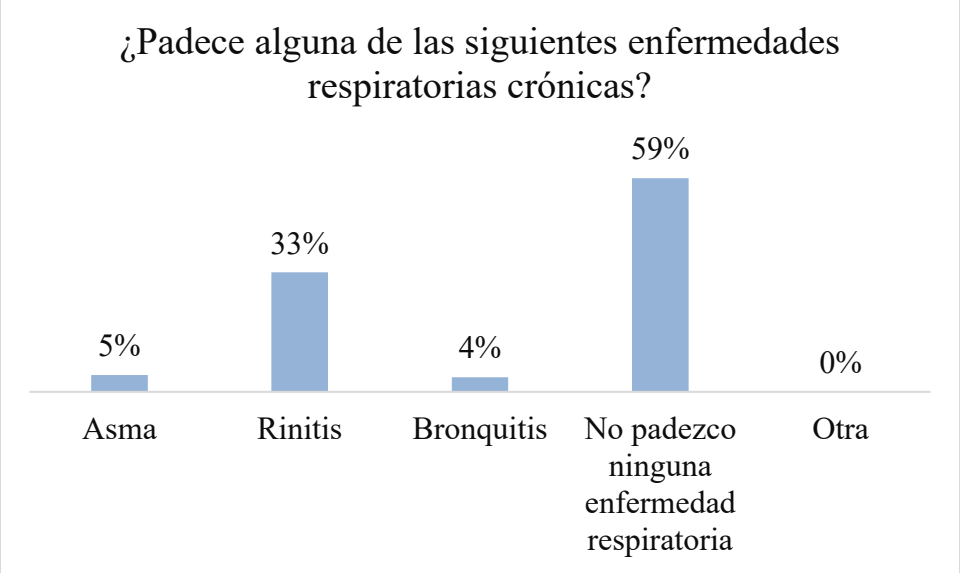
Pregunta No 29

¿Padece alguna de las siguientes enfermedades respiratorias crónicas?

a. Asma____ b. Rinitis____ c. Bronquitis____ d. No padezco ninguna enfermedad respiratoria____ e. Otra. ¿Cuál? _____

Figura 48

Encuestados que padecen enfermedades respiratorias crónicas



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 59% del total de usuarios encuestados no padece de ninguna enfermedad respiratorias, mientras que el 33% padece rinitis, el 5% asma, el 4% bronquitis y el 0% otra enfermedad asociada.

Conclusión

Más de la mitad de encuestados no padece ninguna enfermedad respiratoria. Sin embargo, un porcentaje importante manifiesta padecer rinitis.

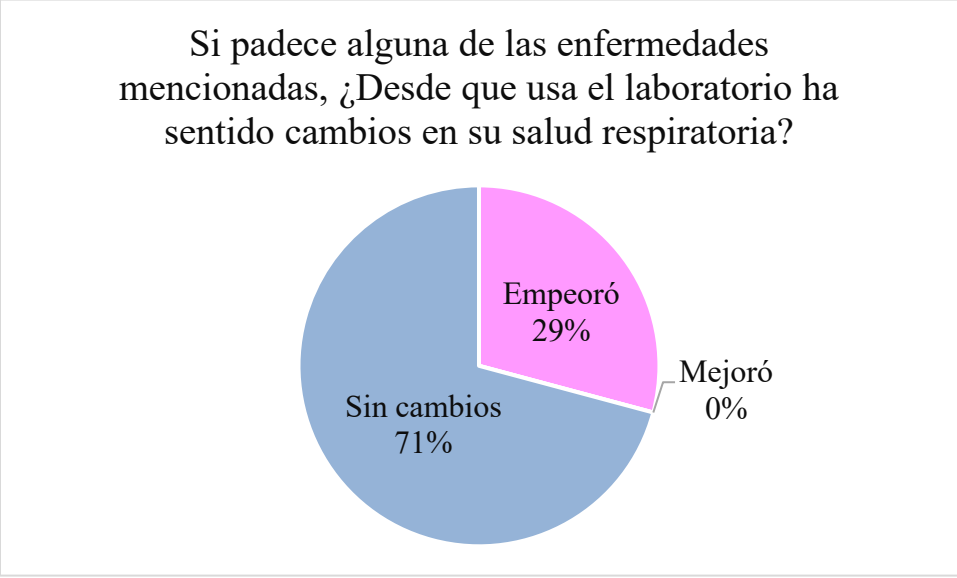
Pregunta No 30

Si padece alguna de las enfermedades mencionadas en la anterior pregunta, ¿Desde que usa el laboratorio ha sentido cambios en su salud respiratoria?

a. Empeoró____ b. Mejoró____ c. Sin cambios____ d. No Aplica____

Figura 49

Cambios en la salud respiratoria de encuestados con enfermedades relacionadas



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

Análisis

El 71% de las personas que manifiestan padecer una enfermedad respiratoria declaran no haber presentado cambios desde que asiste a los laboratorios, mientras que el 29% expone que sus síntomas empeoraron y el 0% mejoró.

Conclusión

La gran mayoría de usuarios que padecen enfermedades respiratorias no han presentado cambios desde que asisten a los laboratorios.

6.3 IMPLICACIONES A LA SALUD Y ENFERMEDADES ASOCIADAS

Durante las últimas décadas la exposición a microorganismos que se encuentran presentes en el ambiente ha cobrado relevancia en el estudio de los riesgos biológicos, especialmente debido a su relación con las infecciones respiratorias, las cuales representan un problema relevante de salud pública a nivel mundial por ser responsables de millones de muertes cada año, por lo que representan una de las principales causas de mortalidad en países en vía de desarrollo (Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales, 2013).

Ahora bien, para entender la forma en que estos agentes generan una enfermedad, es necesario contemplar los mecanismos básicos que intervienen en el proceso infeccioso. La capacidad de un microorganismo para causar una afección transmitida por vía aérea depende de por un lado, su virulencia y por otro, del estado inmunológico del huésped, además, la bacteria se debe encontrar en cantidades suficientes dispersadas desde su reservorio, es decir que el microorganismo se debe encontrar en un lugar donde pueda vivir y multiplicarse (como una superficie contaminada, agua estancada, un sistema de ventilación, entre otros), por lo que debe haber sido liberado al aire mediante aerosoles, gotas de tos y estornudos,

polvo contaminado o partículas pequeñas que permanecen suspendidas en el aire y alcanzar así, el fondo del pulmón, en donde puede evadir las defensas inmunitarias al sobrevivir dentro de las células fagocitarias favoreciendo el desarrollo de la enfermedad (Dorronsoro & Vicente, 2014).

Entre las afectaciones importantes de mencionar se encuentra la neumonía, infección común y eventualmente grave, entendida como un proceso inflamatorio del tejido funcional de los pulmones (Toledo & Toledo, 2012), la cual ocasiona más de 4 millones de muertes al año posicionándose como una de las causas principales de fallecimiento global (Sociedades Respiratorias Internacionales, 2017).

Cuando se logra identificar cuál microorganismo causó la neumonía, los resultados muestran que aproximadamente el 50% de los casos son provocados por bacterias, un 25% son causados por virus y el otro 25% restante es de origen mixto, es decir, esta ocasionada por una bacteria y un virus al mismo tiempo (Toledo & Toledo, 2012). En este sentido, la principal causa de la neumonía son bacterias como la *Haemophilus influenzae,* con morfología de cocobacilos Gram negativos (Sakurada, 2013), y el *Streptococcus pneumoniae*, bacteria Gram positiva que se presenta generalmente en diplococos (Hoskins et al., 2001) responsables de causar neumonía grave en niños con más frecuencia (Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales, 2013) y destacándose este último por ser la principal causa bacteriana de neumonía. Además, dicha afección no solo representa una amenaza aguda, sino que también puede contribuir al desarrollo de enfermedades respiratorias crónicas, como la bronquiectasia, al dejar secuelas en las vías respiratorias (Sociedades Respiratorias Internacionales, 2017).

Además de la neumonía, otra infección respiratoria de importancia en este caso es la bronquitis bacteriana prolongada (BBP), la cual es una “infección crónica de las vías

respiratorias inferiores" (Fernández & García, 2020, pág. párr. 7), es decir, de los bronquios, caracterizada por una tos húmeda que dura más de 4 semanas y se trata con antibiótico, lo que indica su causa bacteriana (Fernández & García, 2020). De acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada en la presente investigación, el 4% de los participantes manifestó padecer bronquitis, lo que evidencia la presencia de esta afección dentro de la población evaluada, de los cuales el 28,57% declaró que su enfermedad ha empeorado desde que asiste a los laboratorios, lo que podría estar relacionado con la exposición microbiana del entorno. De manera similar a la neumonía, *Haemophilus influenzae* y *Streptococcus pneumoniae* son los principales agentes responsables de la BBP (Asociación Española de Pediatría & Sociedad Española de Neumología Pediátrica, 2017), aunque no se conozca con certeza la causa exacta del origen y desarrollo de la enfermedad se cree que se asocia con problemas en el mecanismo del aclaramiento mucociliar, defensas inmunológicas débiles, alteraciones estructurales en los bronquios (Fernández & García, 2020) y debido a una agresión como infección respiratoria causada por virus que puede alterar la estructura del epitelio bronquial, afectando la función de los cilios y generando inflamación, lo que favorece la formación de biofilms bacterianos que facilita la adhesión de las bacterias y su acceso a nutrientes, al mismo tiempo que dificultan la acción de los antibióticos y por ende prolongan la inflamación (Asociación Española de Pediatría & Sociedad Española de Neumología Pediátrica, 2017).

Además de las infecciones respiratorias mencionadas es importante mencionar infecciones de origen gastrointestinal, como la shigelosis, patología causada por bacterias del género *Shigella*, microorganismos Gram negativos, que comprometen el intestino grueso y la parte final del intestino delgado, la cual se manifiesta principalmente con diarrea, fiebre, náuseas y, en algunos casos, toxemia, vómitos, dolor abdominal y tenesmo (León, 2001).

Por otro lado, resulta relevante abordar las infecciones asociadas a *Pseudomonas spp*., un género bacteriano ampliamente reconocido por su capacidad de crecer en áreas húmedas,

como lavaplatos, lavamanos, pocetas, soluciones antisépticas caducadas, entre otros y todas las especies pueden ocasionar infecciones en distintas partes del cuerpo, especialmente *Pseudomonas aeruginosa* (Bush & Vazquez, Infecciones por Pseudomonas, 2024), la cual es un bacilo Gram negativo considerado un patógeno oportunista que representa un riesgo importante en entornos como los laboratorios debido a su facilidad para colonizar superficies y equipos, además de causar infecciones que pueden presentarse en diversos tejidos y sistemas (Ochoa et al., 2013). En el presente estudio se evidenció la presencia de *Pseudomonas spp*., lo que sugiere condiciones favorables para su crecimiento. Según Bush & Vazquez (2024) entre los cuadros más frecuentes se encuentran infecciones en quemaduras y heridas punzantes profundas, así como es responsable de la otitis externa aguda, considerada una de sus manifestaciones más comunes, también puede generar infecciones óseas y articulares, infecciones en el tracto urinario, úlceras de córnea y en el sistema respiratorio puede causar neumonía, sinusitis y bronquitis.

Tras abordar las infecciones ocasionadas por bacterias Gram negativas es necesario considerar aquellas causadas por bacterias Gram positivas, las cuales representan otro grupo relevante de patógenos oportunistas con impacto significativo en esta investigación, teniendo en cuenta que la gran mayoría de colonias identificadas son Gram positivas. Dentro de estas, los *Enterococcus spp.* ocupan un lugar destacado por identificarse como patógenos humanos al formar parte del microbiota intestinal humana (Calderón et al., 2022), además de encontrarse en el tracto genitourinario y en la saliva (Díaz et al., 2010) y sobrevivir en superficies y ambientes hospitalarios durante periodos de tiempo duraderos (Calderón et al., 2022). Pueden vivir en entornos altamente hostiles, incluso en presencia de concentraciones letales de sales biliares y detergentes, lo que les permite persistir en regímenes de limpieza inadecuados, pudiéndose transmitir de persona a persona, ya sea mediante instrumentos contaminados o a través de las manos (Díaz et al., 2010). *Enterococcus faecalis*

y *Enterococcus faecium* son las especies más numerosas en el tracto intestinal humano, aunque se pueden relacionar con ser los causantes de infecciones que se dan en heridas o lugares intervenidos quirúrgicamente, infecciones urinarias, bacteriemias (Cantón & Ruiz, 2013), es decir, la presencia de bacterias en el torrente sanguíneo, infecciones en las válvulas cardiacas, en la piel como la celulitis y en la próstata (Bush & Vazquez, 2023).

De manera similar, es importante continuar con otro grupo significativo de bacterias Gram positivas: los *Streptococcus spp,* los cuales se encuentran en la microbiota humana de la nasofaringe, el tracto digestivo, la piel y mucosas, aun así, pueden actuar como causantes de una gran variedad de enfermedades asociadas a múltiples infecciones del sistema respiratorio, afecciones cutáneas y de tejidos blandos, como bacteriemias, endocarditis, meningitis y el síndrome de choque toxico (Diaz et al., 2022).

Dentro de este género *Streptococcus* destacan varias especies de relevancia para la salud que afectan distintos sistemas del cuerpo humano. *Streptococcus pyogenes,* es conocido como el más patógeno del grupo (Arnáiz et al., 2014) y constituye la causa bacteriana más común de faringitis aguda (Diaz et al., 2022), las infecciones por esta especie han ido en aumento en el mundo y se caracterizan por colonizar principalmente la piel y la faringe manifestándose en infecciones no invasoras como la faringoamigdalitis aguda y, en algunas ocasiones infecciones que amenazan la vida como neumonías complicadas, meningitis, infecciones osteoarticulares, entre otras (Rivacaba et al., 2024). Por su parte, *Streptococcus agalactiae* suele asociarse a infecciones de piel y tejidos blandos, así como a bacteriemias que se acompañan con la variación del estado psicológico, escalofríos y fiebre, que además puede favorecer a la propagación de la bacteria hacia las válvulas del corazón y desencadenar endocarditis (Raabe & Shane, 2019). Y, por último, *Streptococcus pneumoniae,* el cual se dispersa en el aire cuando individuos infectados tosen o estornudan (Bush & Vazquez, 2023), constituye uno de los agentes más relevantes en el desarrollo de la neumonía, septicemia,

meningitis y otitis media, las cuales ocasionan millones de decesos cada año a nivel global (Lau et al., 2001) y son consideradas entre las principales causas de mortalidad infantil, en todo el mundo, que se podrían haber prevenido mediante la vacunación (Olarte & Jackson, 2021).

Otro patógeno Gram positivo de especial importancia en esta investigación, es el *Staphylococcus spp.*, debido a que, en el análisis de los medios selectivos y diferenciales, además del crecimiento en agar Bacillus Cereus, se evidenciaron características morfológicas que sugieren de manera presuntiva la presencia de bacterias de este género. Las bacterias de dicho genero se dividen en estafilococos coagulasa positivos, como el *Staphylococcus aureus,* conocidos como la especie más patógena y los estafilococos coagulasa negativos (ECN), los cuales son microorganismos que hacen parte de la microbiota cutánea, aunque algunos pueden causar infecciones (Foster, 1996). En este sentido, *Staphylococcus aureus* es conocido como un patógeno altamente potencial para causar numerosas infecciones tanto en los seres humanos como en los animales, que van desde infecciones leves en la piel y tejidos blandos hasta infecciones más graves que pueden ser mortales (Cervantes et al., 2014), aun así, es una bacteria común que se puede encontrar en el ambiente y el cuerpo humano, lo que representa una razón importante de salud pública teniendo en cuenta que posee mecanismos que le permiten causar infecciones con facilidad, es resistente a varios antibióticos, está distribuido por todo el mundo y es considerado como uno de los principales agentes que causan infecciones en el torrente circulatorio así como intoxicaciones asociadas al consumo de alimentos contaminados (Socorro et al., 2014).

Por otro lado, el estudio de las enfermedades respiratorias y alérgicas es esencial, distintas investigaciones han demostrado que en los últimos años la incidencia de enfermedades alérgicas y asma ha aumentado de manera continua en países industrializados,

tendencia que también se ha extendido progresivamente a regiones en desarrollo (Ramallo, 2021).

Según Del Río-Navarro et al. (2009) el asma es una enfermedad que causa la alteración inflamatoria de las vías aéreas, la cual se puede clasificar en forma aguda o crónica, y se caracteriza por la obstrucción del paso del aire ocasionada por el estrechamiento de los bronquios, la acumulación de mucosidad, la inflamación de los tejidos y en algunos casos cambios estructurales en las vías respiratorias. En la actualidad, el asma continúa siendo una de las enfermedades humanas más relevantes (Edwards et al., 2012), afectando a cerca de 334 millones de personas en todo el mundo (Sociedades Respiratorias Internacionales, 2017).

Entender las causas del asma puede ser complejo, debido a que suelen desencadenarse por distintos factores que actúan de forma aditiva o sinérgica, incluyendo componentes genéticos e inmunológicos, así como ambientales y microbianos (Edwards et al., 2012). La evidencia sugiere que el microbioma ambiental y la exposición a microorganismos desde etapas tempranas de la vida influyen significativamente en la aparición de asma y alergias (Ramallo, 2021). En este sentido, la identificación de bacterias y hongos en ambientes universitarios, como los laboratorios, permite reconocer los riesgos asociados a la salud de los usuarios y formular estrategias que garanticen condiciones seguras tanto laborales como educativas.

Dentro de los fenotipos del asma se resalta el asma alérgica que se desencadena por uno o más alérgenos (Edwards et al., 2012), entre los más comunes se destacan los contaminantes biológicos como los mohos (*Aspergillus spp., Alternaria spp., Cladosporium spp.* y *Penicillium spp.,),* y bacterias como las del género *Legionella spp.* (Molina, 2015). Esta es la forma más común de asma y de cuidado, ya que las esporas fúngicas pueden actuar

como alérgenos y desencadenar episodios de asma bronquial en pacientes con predisposición alérgica (Edwards et al., 2012).

Otro fenotipo importante de mencionar es la aspergilosis broncopulmonar alérgica, generada por la invasión del *Aspergillus spp*. en las vías respiratorias, lo que causa una respuesta inflamatoria y la sensibilización alérgica a múltiples alérgenos fúngicos (Edwards et al., 2012).

Por su parte, las condiciones ambientales como la humedad, temperatura, precipitaciones y estaciones del año influencian en la liberación y concentración de esporas fúngicas. Generalmente, los aeroalérgenos fúngicos son más abundantes en temporadas de verano por el aumento en los niveles de polen y se pueden intensificar durante tormentas eléctricas, debido a la fragmentación de las esporas, lo que genera partículas más finas que llegan más fácilmente al tracto respiratorio inferior, causando crisis asmáticas en dichas condiciones. Además, diversos estudios han identificado proteínas con función alergénica en al menos veintidós (22) especies de hongos, muchas de ellas ubicuas en el ambiente (Edwards et al., 2012).

Por otro lado, el asma neutrofílica es una enfermedad crónica que involucra la acción de diversas células inflamatorias y la liberación de más de cien mediadores que genera múltiples respuestas inflamatorias y afecta a cerca de 235 millones de personas en todo el mundo (Burón et al., 2020). Se han asociado distintos factores con el desarrollo de dicha enfermedad, entre ellos los patógenos bacterianos como el *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa, a*demás, es importante recalcar que los pacientes con asma son más propensos a contraer infecciones bacterianas respiratorias patógenas (Edwards et al., 2012), dato importante si tenemos en cuenta que el 5% de los encuestados manifestó padecer asma, lo que evidencia la presencia de usuarios con condiciones respiratorias sensibles y el

25% de estos expuso que su enfermedad respiratoria empeoró desde que asisten a los laboratorios, por lo que se debe considerar que la exposición constante a bioaerosoles, esporas fúngicas y partículas en suspensión presentes en el ambiente de los laboratorios puede agravar los síntomas respiratorios de usuarios con estas patologías.

De forma similar, la legionelosis es una enfermedad respiratoria causada por la infección de la bacteria *Legionella spp.* (Gea-Izquierdo, 2014), la cual es una bacteria de origen ambiental con forma de bacilo Gram negativo que se encuentra en ambientes acuáticos y es resistente a diversas condiciones fisicoquímicas, por ello, desde estos entornos naturales puede llegar a los sistemas de suministro de agua y por medio de la red de distribución acceder a los depósitos de agua potable o instalaciones que utilizan agua para su funcionamiento y cuando estas estructuras generan aerosoles, la bacteria puede dispersarse en el aire, siendo la inhalación de dichas partículas la principal vía de transmisión (Lösch & Merino, 2016). Según Gonzáles et al. (2023) la legionelosis puede manifestarse de dos maneras: La primera es una variante no neumónica denominada fiebre de Pontiac, caracterizada por ser una afección aguda que presenta síntomas semejantes a los de una gripe común y suele durar entre 2 a 5 días; Y la segunda forma es de tipo neumónica, conocida como la enfermedad del legionario, la cual puede presentar sintomatología que va desde una tos leve hasta cuadros graves de neumonía potencialmente mortal.

Por último, resulta evidente que las infecciones y enfermedades descritas anteriormente representan un riesgo significativo para la salud en general. No obstante, existen otras afecciones que, aunque no estén siempre vinculadas directamente con un patógeno especifico, también comprometen las vías aéreas superiores y pueden verse afectadas por las condiciones ambientales no optimas. Entre estas se encuentra la rinitis, una alteración inflamatoria de la mucosa que reviste la nariz acompañada con estornudos, obstrucción nasal, picazón y goteo nasal (Del Río-Navarro y otros, 2009) que, además, fue

reportada por el 33% de los encuestados, lo que evidencia su especial relevancia dentro de los problemas de salud identificados, de los cuales el 29,82% manifestó que sus síntomas relacionados a la rinitis han empeorado por condiciones asociadas a los laboratorios. Hay múltiples clasificaciones de rinitis, entre ellas la rinitis infecciosa, que puede ser causada por bacterias, virus y otros agentes infecciosos que afectan los senos paranasales. Entre los microorganismos bacterianos más comunes se encuentran *Staphylococcus spp., Streptococcus spp., Haemophilus spp.* y *Moraxella spp.,* en personas con enfermedades base, como la fibrosis quística, también es común la presencia de *Pseudomonas spp.* y adicionalmente, hay hongos y protozoos que pueden desencadenar cuadros de rinitis (Cortés & Santaella, 2012).

Además de las afectaciones previamente descritas, es fundamental considerar las enfermedades asociadas específicamente a los hongos identificados en los muestreos, ya que estos representan un componente crítico del riesgo biológico en ambientes interiores. En este contexto, *Aspergillus spp.* constituye uno de los géneros de mayor relevancia clínica, debido a su implicación en aspergilosis broncopulmonar alérgica, aspergilosis invasiva y aspergilosis pulmonar crónica, patologías derivadas de la inhalación de esporas capaces de alcanzar los alvéolos pulmonares y desencadenar respuestas inflamatorias o infecciones invasivas en individuos susceptibles (Atlas of Clinical Fungi, 2020). Las condiciones de humedad y acumulación de polvo descritas en los resultados favorecen su dispersión en forma de bioaerosoles, aumentando el riesgo de exposición (Górny et al., 2002) (World Health Organization, 2009)

De manera similar, *Penicillium spp.* y *Cladosporium spp.,* géneros ampliamente descritos como aeroalérgenos predominantes en interiores, se han asociado a rinitis alérgica, asma alérgica, sinusitis no invasiva y episodios de hipersensibilidad respiratoria, especialmente en ambientes con ventilación limitada donde las esporas permanecen

suspendidas por periodos prolongados (Edwards et al., 2012) (World Health Organization, 2009). Estudios citados en el documento señalan que, durante tormentas eléctricas o condiciones de alta humedad, estas esporas pueden fragmentarse y penetrar con mayor facilidad en vías aéreas inferiores, intensificando los cuadros asmáticos (Edwards et al., 2012).

La presencia de *Candida spp.,* aunque usualmente asociada a microbiota humana, adquiere relevancia cuando se identifica como contaminante ambiental, dado que puede generar candidiasis cutánea, orofaríngea y, en personas inmunodeprimidas, infecciones sistémicas como candidemia, vinculadas a la inhalación o el contacto con superficies contaminadas (Atlas of Clinical Fungi, 2020).

En el caso de hongos filamentosos oportunistas como *Fusarium spp.* y *Mucor spp.,* ambos géneros han sido ampliamente relacionados con infecciones de importancia médica. *Fusarium spp.* es responsable de patologías como queratitis micótica, onicomicosis y sinusitis crónica, y en escenarios de inmunosupresión puede ocasionar fusariosis diseminada de alta gravedad (Atlas of Clinical Fungi, 2020). Por su parte, los Mucorales, entre ellos *Mucor spp*., son agentes etiológicos de la mucormicosis, una infección invasiva que afecta principalmente senos paranasales, pulmones y piel, favorecida por ambientes húmedos y poco ventilados, condiciones que también fueron identificadas en los laboratorios evaluados (World Health Organization, 2009).

La identificación de *Alternaria spp.,* descrita en la literatura como uno de los alérgenos fúngicos más potentes en ambientes interiores, refuerza la relación entre humedad, condiciones ambientales inestables y el desarrollo de asma alérgica grave, rinitis perenne y exacerbaciones respiratorias asociadas a su alta concentración en bioaerosoles (Edwards et al., 2012) (Górny et al., 2002). Finalmente, la presencia de *Epidermophyton spp.,* un

dermatofito clásico, implica riesgo de tiñas superficiales y dermatomicosis que pueden transmitirse indirectamente por contacto con superficies u objetos contaminados, especialmente en áreas con acumulación de polvo y material particulado (Atlas of Clinical Fungi, 2020).

En conjunto, esta diversidad de hongos evidencia que la exposición constante a bioaerosoles fúngicos no solo contribuye a enfermedades alérgicas y respiratorias, sino que también aumenta la probabilidad de micosis oportunistas y dermatológicas, particularmente en ambientes donde confluyen factores como humedad elevada, ventilación insuficiente y alta densidad de usuarios. Los hallazgos coinciden con lo establecido por la Organización Mundial de la Salud respecto al impacto de la humedad y el moho en la salud respiratoria (World Health Organization, 2009), reforzando la necesidad de estrategias ambientales que mitiguen la proliferación fúngica en espacios de trabajo académico.

En conjunto, el análisis de estas enfermedades demuestra como la exposición a un ambiente con alta carga microbiana es un factor determinante para su aparición y empeoramiento. Los contaminantes ambientales, partículas tóxicas, humos y microorganismos en suspensión, frecuentes en interiores mal ventilados, contribuye significativamente al riesgo de adquirir infecciones respiratorias (Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales, 2013). Por lo tanto, garantizar un ambiente saludable es esencial para reducir la carga de enfermedad respiratoria en la población. Frente a este escenario, la investigación se convierte en una herramienta esencial para reducir las afectaciones, debido a que por un lado es fundamental la investigación clínica, que fortalecen los sistemas sanitarios para diagnosticar, tratar y prevenir estas enfermedades, mientras que la investigación básica permite comprender los mecanismos de la enfermedad y desarrollar nuevos métodos de diagnóstico y tratamientos más eficaces (Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales, 2013). Así, resulta crucial el desarrollo de este tipo de

investigaciones para proteger la salud especialmente en ambientes donde la calidad del ambiente puede verse comprometida, como en los laboratorios objeto de estudio.

6.4 DISCUSIÓN

De acuerdo con la pregunta problema planteada al inicio de la investigación ¿Cuál es el nivel de riesgo microbiológico para la salud de los usuarios de los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela El Porvenir? Se puede establecer que el riesgo microbiológico general para los usuarios de los tres laboratorios es moderado. Este nivel de riesgo se establece teniendo en cuenta los resultados obtenidos, en los que se evidencia que el laboratorio de Biología presenta los valores más altos de bacterias, hongos y levaduras, lo que sugiere una mayor presencia de microorganismos en el ambiente, seguido por el laboratorio de Química General, que de igual manera presenta una carga microbiana importante y el laboratorio de Microbiología, donde las cargas fueron menores, dicho resultado es atribuido a que en este laboratorio los elementos de protección personal son exigidos durante el desarrollo de las prácticas académicas y se precisa que todos los usuarios cumplan con esta norma. La mayoría de los microorganismos recuperados en los tres laboratorios presuntamente corresponden al microbiota ambiental natural. Sin embargo, varios de estos son potencialmente patógenos o alérgenos, por lo que pueden generar infecciones, irritaciones o alergias en los usuarios, especialmente en ambientes cerrados y con mala ventilación. Por lo que se evidencia la presencia de microorganismos capaces de afectar la salud de los usuarios sin alcanzar niveles críticos o de riesgo alto, teniendo en cuenta que estos presentan baja virulencia en personas sanas.

Por otra parte, los riesgos identificados en la matriz de riesgos **(ANEXO C)** fueron catalogadas como riesgo medio y medio-bajo en su mayoría y no se identificó ningún riesgo alto, pero hay peligro de que incremente la probabilidad de exposición si no se aplican los controles adecuados.

Finalmente, los factores ambientales presentes en los tres laboratorios como la falta de ventilación, la acumulación de residuos, la presencia de humedad y el no cumplimiento de todas las normas de los laboratorios, en algunos casos, por parte de los usuarios, favorecen la proliferación de microorganismos. Así, la integración de estos resultados permite exponer que los usuarios están expuestos a un riesgo microbiológico significativo, aunque no crítico, ya que puede ser controlado con la implementación de las medidas oportunas.

Los resultados obtenidos coindicen con lo reportado por Romero & Castañeda (2016) en su investigación para determinar las bacterias presentes en el aire del laboratorio de Microbiología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Vivero, quienes encontraron mayores cargas microbianas en los puntos de muestreo cercanos a las puertas y ventanas, así como a los mesones, en donde se presenta un mayor flujo de usuarios y las superficies en las que se desarrollan las prácticas académicas.

De manera similar, Silva (2018) en su trabajo sobre la determinación de la calidad microbiana del ambiente de los laboratorios de la Universidad de Santander en el campus de Cúcuta, evidenció la prevalencia de mesófilos aerobios en todos los laboratorios analizados, así como la presencia de *Staphylococcus aureus,* resultado similar al obtenido en los laboratorios analizados.

De igual manera, se encuentran similitudes en otros espacios, como en el artículo de investigación presentando por Zambrano & Luna (2013) sobre el análisis de la diversidad

microbiana del ambiente de la clínica odontológica de la universidad del Magdalena, en el que se identificaron bacterias de los géneros *Staphylococcus, Pseudomonas, Enterococcus, Moraxella y* Coliformes totales y en cuanto a los géneros fúngicos se evidenció la presencia de *Penicillium, Curvularia, Geotrichum, Haplosporangium y Aspergillus.*

Asimismo, Toloza & Lizarazo (2013) en su publicación titulada "CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AMBIENTE DE LA BIBLIOTECA ALFONSO PATIÑO ROSSELLI, TUNJA- BOYACÁ (COLOMBIA)", obtuvieron una alta diversidad de hongos, predominando el *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.,* mientras que en los resultados bacterianos destacaron las bacterias Gram positivas, siendo *Staphylococcus* el género más constante.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

El presente estudio permitió evaluar de manera integral la carga microbiana ambiental en los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Bosa – Ciudadela el Porvenir, mediante un enfoque mixto que combinó técnicas microbiológicas y herramientas de percepción social del riesgo. A partir de los resultados obtenidos, se destacan las siguientes conclusiones:

El barrido inicial permitió identificar los puntos del laboratorio que presentan mayor carga microbiana, evidenciando las zonas más expuestas dentro de cada espacio y la variación en los niveles de altura. De igual manera, la ejecución del muestreo por triplicado

fue fundamental para garantizar la confiablidad de los datos, debido a que permitió corroborar la consistencia de los resultados y obtener un panorama más representativo del comportamiento microbiano en los laboratorios.

Los tres laboratorios presentan presencia significativa de microorganismos bacterianos y fúngicos en el ambiente, evidenciando variaciones en el nivel de contaminación, según la concurrencia de usuarios, siendo los mesones centrales y zonas cercanas a la puerta donde se presenta más tránsito, y por ende donde se concentraron las cargas microbianas más elevadas y a las condiciones físicas de cada espacio. Se registraron mayores recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras en áreas con ventilación limitada, alta humedad relativa y escasa limpieza de superficies elevadas, especialmente en las zonas de lavado y mesones de trabajo.

Sin embargo, el laboratorio de Biología fue el que mostró consistentemente la mayor carga microbiana tanto para bacterias como para hongos y levaduras, superando los resultados obtenidos en los demás laboratorios. Este comportamiento se puede atribuir a que es el laboratorio con mayor flujo de estudiantes, y con ventilación muy deficiente, lo que favorece la acumulación y dispersión de microorganismos ambientales.

A partir de las pruebas de caracterización macroscópica, microscópica y bioquímica, se identificó la presencia de géneros bacterianos como *Staphylococcus spp., Bacillus spp., Pseudomonas spp. y Clostridium spp.,* y fúngicos como *Aspergillus spp., Penicillium spp.,* y aunque varios de los microorganismos recuperados corresponden presuntamente al microbiota natural del entorno, varios de ellos poseen potencial patogénico o alérgeno, por lo que pueden ocasionar afectaciones a la salud, especialmente en personas inmunocomprometidas o expuestas de manera continua. Estos resultados confirman la

necesidad de mantener un control microbiológico continuo que garantice la bioseguridad y evite la contaminación cruzada durante las prácticas académicas.

El análisis de factores de riesgo y las encuestas aplicadas al personal y estudiantes reveló una percepción moderada frente al riesgo biológico, así como deficiencias en el cumplimiento de normas básicas de bioseguridad, particularmente en el uso de elementos de protección personal y en la limpieza posterior a las actividades de laboratorio. Este aspecto se correlaciona con la dispersión microbiana observada en puntos de alta interacción humana.

Los resultados demuestran que las condiciones ambientales (ventilación y acumulación de polvo) influyen directamente en la proliferación microbiana, además las mediciones en ausencia de usuarios mostraron una reducción significativa, evidenciando el impacto del factor humano sobre la calidad microbiológica del aire.

Con base en los hallazgos, se establecieron tres estrategias ambientales integrales orientadas al control de la carga microbiana, donde su aplicación permitirá reducir los niveles de contaminación, mejorar las condiciones sanitarias de los espacios y salvaguardar la salud de los usuarios dentro de los laboratorios.

La investigación confirma que el monitoreo microbiológico periódico debe reglamentarse como un procedimiento esencial dentro de los planes de mantenimiento y bioseguridad de los laboratorios universitarios. Esto no solo contribuirá a prevenir riesgos para la salud, sino también a preservar la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados experimentales obtenidos en dichos espacios.

Finalmente, este trabajo resalta la importancia de fomentar una cultura ambiental y sanitaria preventiva en el ámbito académico, basada en la capacitación continua, la observancia de protocolos y el compromiso colectivo. La implementación de las estrategias

y recomendaciones propuestas servirá como base para la creación de un modelo institucional de control microbiológico y gestión del riesgo biológico aplicable a otros espacios de la Universidad.

7.2 RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos durante la evaluación de la carga microbiana en los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas al fortalecimiento de las condiciones de bioseguridad, control ambiental y manejo higiénico de los espacios evaluados:

1. Control y monitoreo ambiental continuo

Implementar un programa permanente de vigilancia microbiológica ambiental, que contemple muestreos trimestrales del aire y superficies siguiendo el mismo procedimiento metodológico de esta investigación (método de sedimentación por gravedad, recuento en placa y caracterización morfológica).

Priorizar la mejora de la ventilación natural o mecánica en las áreas donde se evidenció mayor recuento de colonias (mesones centrales y zonas de lavado), incorporando extractores o sistemas de filtración con mantenimiento programado.

2. Fortalecimiento del programa de bioseguridad

Reforzar las capacitaciones semestrales dirigidas a docentes, auxiliares y estudiantes sobre las normas de bioseguridad y manejo de agentes biológicos, haciendo énfasis en el uso

obligatorio del equipo de protección personal (EPP) y en la higienización de superficies antes y después de cada práctica.

Incorporar un sistema de seguimiento y control al cumplimiento de las normas de bioseguridad, mediante la designación de responsables por jornada y la aplicación de listas de verificación de limpieza y disposición de residuos.

Actualizar los manuales de bioseguridad institucionales, integrando los resultados de esta investigación como referencia para la gestión de riesgos microbiológicos.

3. Manejo adecuado de residuos y zonas húmedas

Garantizar la recolección diaria de residuos biológicos y su almacenamiento temporal en contenedores herméticos etiquetados, ubicados en áreas ventiladas y alejadas de zonas de preparación de muestras.

Implementar un plan de limpieza y desinfección semanal en zonas de lavado, almacenamiento y áreas con presencia recurrente de humedad, utilizando desinfectantes fungicidas y bactericidas de amplio espectro.

Realizar un seguimiento microbiológico bimensual en las áreas de descarte y superficies de trabajo, replicando las pruebas de aislamiento en medios PDA y SPC para detectar proliferación temprana de hongos o bacterias.

4. Educación ambiental y cultura preventiva

Promover campañas internas que fomenten la cultura del orden, la limpieza y la prevención del riesgo biológico, vinculando a toda la comunidad académica de la sede Bosa - ciudadela el porvenir.

Difundir los resultados del estudio a través de carteleras y material educativo, destacando la importancia de mantener condiciones controladas para la salud ocupacional y la validez de los experimentos desarrollados en los laboratorios.

5. Mantenimiento y revisión de infraestructura

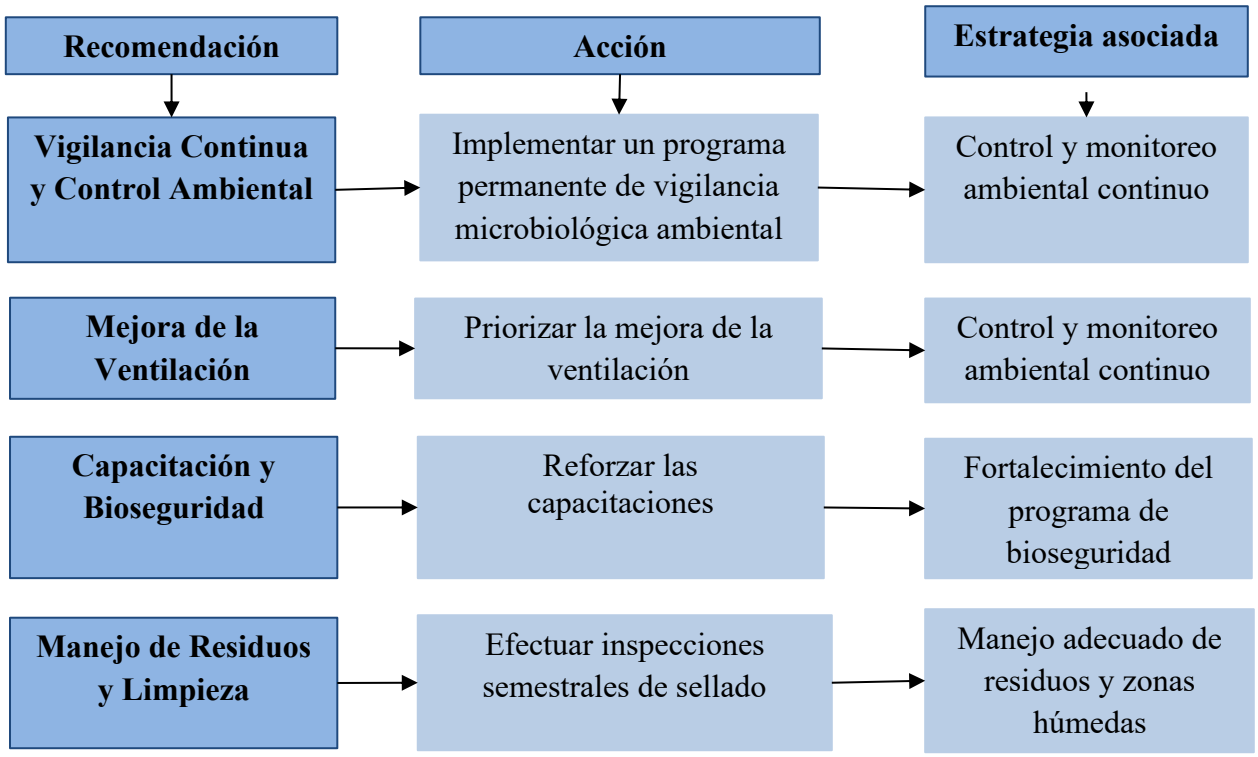
Efectuar inspecciones semestrales de sellado de ventanas, techos y sistemas de drenaje, a fin de evitar filtraciones o acumulación de humedad que favorezca la dispersión de esporas.

Evaluar la posibilidad de incorporar superficies lavables y de fácil desinfección en los mesones y repisas donde se detectaron mayores recuentos de unidades formadoras de colonia (UFC).

La **Figura 50** sintetiza de manera estructurada las recomendaciones formuladas a partir de los resultados obtenidos en la evaluación de la carga microbiana en los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. En el cual se establece una relación clara entre las recomendaciones generales, las acciones específicas y las estrategias asociadas, permitiendo visualizar cómo las medidas propuestas se orientan al fortalecimiento del control y monitoreo ambiental continuo, la mejora de las condiciones de ventilación, el fortalecimiento del programa de bioseguridad y el manejo adecuado de residuos y zonas húmedas. Asimismo, el diagrama integra acciones preventivas relacionadas con la capacitación del personal y el mantenimiento de la infraestructura, las cuales se fundamentan en los hallazgos de mayor recuento microbiológico en superficies, zonas de lavado y áreas con condiciones de humedad.

Figura 50

Recomendaciones asociadas con las estrategias



Nota. Elaborado por Autoras, 2025.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, M., Blandón, L., Ceballos, V., Mejía, M., & Buriticá, H. (2017). Aislamiento de Microorganismos en diferentes ambientes (Suelo, Agua y Aire). *Revistas Universidad Libre*. https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/mente_joven/article/view/3666/3061

Aneja, K. R. (2003). *Experiments In Microbiology, Plant Pathology And Biotechnology.* New Age International. https://doi.org/812241494X

Arango-Rave, Á. M. (2010). Evolución histórica de la microbiología y el bioanálisis en Colombia. . *Hechos Microbiológicos*.

Arnáiz, A., Salas, C., & Negueruela, B. (2014). Infecciones por estreptococo. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado, 11*(59), 3463-3476. https://doi.org/10.1016/S0304-5412(14)70802-9

Asociación Española de Pediatría , & Sociedad Española de Neumología Pediátrica. (2017). *Protocolos diagnósticos y terapéuticos en Neumología pediátrica.* https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62492135/PROTOCOL_DIAGN_TERAP20200326-29332-qafri2-libre.pdf?1586083093=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSerie_Protocolos_de_la_AEP.pdf&Expires=1762922163&Signature=ep1I-R3s9QLMI0DFcdh02ac9O6uigYM6Ly

Atlas of Clinical Fungi. (2020). *Atlas of Clinical Fungi*. Atlas of Clinical Fungi: https://www.atlasclinicalfungi.org/

Atya, A. K., Alyasiri, M. H., Altamimy, R., & Ethaib, S. (2019). Assessment of Airborne Fungi in Indoor Environment for Biological Lab Rooms. *Journal of Pure and Applied Microbiology, 13*(5902), 2281-2286. https://doi.org/10.22207/JPAM.13.4.42

Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi.* Amer Phytopathological Society. https://doi.org/9780890541920

Becton Dickinson GmbH . (2013). *BD EMB Agar (Eosin Methylene Blue Agar), Modified* . BD: https://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/9874/mod_folder/content/0/Agar%20EMB.pdf

Beltrón, F. (2019). Riesgos biológicos en laboratorios clínicos de la ciudad de Portoviejo mediante el método Biogaval. *San Gregorio*. http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rsan/n40/2528-7907-rsan-40-00118.pdf

Borrego, S., Pons, V., & Ivette, P. (2008). La contaminación microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 39*(1), 63-69. https://www.redalyc.org/pdf/1812/181214889005.pdf

Bottale, J., RieraII, L., & Rabinovitch, L. (2015). Evaluación de la carga microbiológica ambiental en áreas destinadas a producción y control de vacunas. *Revista Cubana de Farmacia, 49*(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152015000100006

Burón, J., Arregui, C., & López, M. (2020). Caracterización clínica e inmunológica del Asma Neutrofílica. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2020000600006

Bush, L., & Vazquez, M. (2023). *Infecciones neumocócicas*. Manual MSD: https://www.msdmanuals.com/es/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-grampositivas/infecciones-neumoc%C3%B3cicas?_gl=1*wqa3by*_up*MQ..*_ga*Mjg2MjEyNS4xNzYzMDgyMzA5*_ga_CJ792HFYYC*czE3NjMwODIzMDkkbzEkZzAkdDE3NjMwODIzMDkkajYwJGwwJGgw

Bush, L., & Vazquez, M. (2023). *Infecciones por enterococos*. Manual MSD: https://www.msdmanuals.com/es/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-grampositivas/infecciones-por-enterococos?_gl=1*wqa3by*_up*MQ..*_ga*Mjg2MjEyNS4xNzYzMDgyMzA5*_ga_CJ792HFYYC*czE3NjMwODIzMDkkbzEkZzAkdDE3NjMwODIzMDkkajYwJGwwJGgw

Bush, L., & Vazquez, M. (2024). *Infecciones por Pseudomonas*. Manual MSD: https://www.msdmanuals.com/es/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-gramnegativas/infecciones-por-pseudomonas?_gl=1*udvmpd*_up*MQ..*_ga*Mjg2MjEyNS4xNzYzMDgyMzA5*_ga_CJ792HFYYC*czE3NjMwODIzMDkkbzEkZzAkdDE3NjMwODIzMDkkajYwJGwwJGgw

Bush, L., & Vazquez, M. (2024). *Infecciones por Pseudomonas y patógenos relacionados.* Manual MSD: https://www.msdmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/bacilos-gramnegativos/infecciones-por-pseudomonas-y-pat%C3%B3genos-relacionados

Calderón, J., Díaz de Santiago, A., & Callejas, A. (2022). Infecciones por enterococos. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado, 13*(50), 2909-2918. https://doi.org/10.1016/j.med.2022.02.020

Cantón, R., & Ruiz, P. (2013). Infecciones causadas por bacterias grampositivas multirresistentes (Staphylococcus aureus y Enterococcus spp.). *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 31*(8), 543-551. https://doi.org/10.1016/j.eimc.2013.08.001

Cappuccino, J. G., & Welsh, C. T. (2021). *Microbiology: A Laboratory Manual, 12th edition.* Pearson.

Castro, S. (2017). PANALERGENOS EN EL ÁMBITO. *ACADEMIA DE CIENCIAS VETERINARIAS DE*.

Cervantes, E., García, R., & Salazar, P. (2014). Características generales del Staphylococcus aureus. *Revista Latinoamericana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio, 61*(1), 28-40. https://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2014/pt141e.pdf

Cho, W., & Chung, M. S. (2020). Bacillus spores: a review of their properties and inactivation processing technologies. *Food Science and Biotechnology, 29*, 1447-1461. https://doi.org/10.1007/s10068-020-00809-4

Condalab. (2021). *Gelatina Nutritiva.* Condalab: https://www.condalab.com/medios-de-cultivo-deshidratados/1073-14724-gelatina-nutritiva.html

Condalab. (2025). *Medio Basal OF (Hugh y Leifson).* Condalab: https://www.condalab.com/medios-de-cultivo-deshidratados/1189-15731-medio-basal-of-hugh-y-leifson.html

Cortés, R., & Santaella, J. (2012). Rinitis: concepto, clasificación, diagnóstico y tratamiento. *Manual de Otorrinolaringología Infantil*, 213-223. https://doi.org/10.1016/B978-84-8086-905-8.50022-9

Cristina, A., Macías, V., María, I., Rodríguez, A., Olga, I., Cañete, D., & Camiño, R. R. (2019). Riesgo biológico en los laboratorios de Microbiología de las instituciones de salud. . *Medigraphic.Com*.

De la Rosa, M. C., Mosso, M. A., & Ullán, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisiónde microorganismos. *Observatorio Medioambiental, 5*, 375-402. https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A/21767

De Weldefort, A., & Campuzano, S. (2003). Control de la contaminación biológica en los laboratorios de docencia de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca en Bogotá, Colombia. *Nova*.

Del Río-Navarro, B. E., Hidalgo-Castro, E. M., & Sienra-Monge, J. J. (2009). Asma. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México, 66*(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-11462009000100002

Del Río-Navarro, B., Mitsutoshi, F., & Zepeda, B. (2009). Rinitis, sinusitis y alergia. *Revista Alergia México, 56*(6). Revista Alergia México: https://www.researchgate.net/profile/Blanca-Del-Rio-Navarro/publication/267420975_Rinitis_sinusitis_y_alergia/links/555d11fb08ae8c0cab2a6ba2/Rinitis-sinusitis-y-alergia.pdf

Delgado, M., Escamilla, L., Pérez, A., & Arias, J. (2004). Determinación de parámetros de la contaminación microbiana presente en un área de fabricación de medicamentos estériles a base de antibióticos ß-lactámicos. *Universitas Scientiarum*.

Díaz, M., Rodríguez, C., & Zhurbenko, R. (2010). Aspectos fundamentales sobre el género Enterococcus como patógeno de elevada importancia en la actualidad. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 48*(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-30032010000200006&script=sci_arttext

Diaz, S., de la Fuente Moral, S., & Pintos, I. (2022). Infecciones por estreptococo. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado, 13*(50), 2901-2908. https://doi.org/10.1016/j.med.2022.02.019

Dorronsoro, M., & Vicente, J. (2014). La legionelosis como enfermedad profesional. Metodología de Valoración. *Medicina y Seguridad del Trabajo, 60*(235). https://doi.org/10.4321/S0465-546X2014000200008

Edwards, M., Barlett, N., Hussel, T., Openshaw, P., & Johnston, S. (2012). The microbiology of asthma. *National Library of Medicine*. https://doi.org/https://doi.org/10.1038/nrmicro2801

Esri. (s.f.). *What is a z-score? What is a p-value?* Esri: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/what-is-a-z-score-what-is-a-p-value.htm

Fernández, V., & García, C. (2020). Bronquitis bacteriana persistente, una entidad a considerar en pediatríaProtracted bacterial bronchitis; a condition to be considered in children. *Anales de Pediatría, 93*(6), 355-430. https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.01.015

Flannigan, B., Samson, R. A., & Miller, J. D. (2011). *Microorganisms in Home and Indoor Work Environments.* CRC Press. https://doi.org/9781138072411

Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales. (2013). Las enfermedades respiratorias en el mundo. *Foro de Sociedades Internacionales de Enfermedades Respiratorias*. https://www.thoracic.org/about/global-public-health/firs/resources/FIRS-in-Spanish.pdf

Foster, T. (1996). Staphylococcus - Chapter 12. *Medical Microbiology*. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK8448/

Gea-Izquierdo, E. (2014). Legionelosis. *Revista Cubana de Medicina General Integral, 30*(4), 509-514. https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedgenint/cmi-2014/cmi144m.pdf

Gobernación de Santander. (2020). *MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, VALORACIÓN DE RIESGOS Y DETERMINACION DE CONTROLES*. Gobernación de Santander: https://historico.santander.gov.co/intra/index.php/antico/viewdownload/581-3-formatos/10967-matriz-de-identificacion-de-peligros-valoracion-de-riesgos-y-determinacion-de-controles

Goh, I., Obbard, J., Viswanathan, S., & Huang, Y. (2000). Airborne bacteria and fungal spores in the indoor environment. A case study in Singapore. *Acta Biotechnologica, 20*(1), 67-73. https://doi.org/10.1002/abio.370200111

Gonzáles, G., García, C., Pérez, C., & Rivera, P. (2023). Neumonía por Legionella pneumophila: reporte de caso. *Acta Médica Costarricense, 65*(4).

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0001-60022023000400229&script=sci_arttext

Górny, R. L., Reponen, T., Willeke, K., Schmechel, D., Robine, E., Boissier, M., & Grinshpum, S. A. (2002). Fungal Fragments as Indoor Air Biocontaminants. *Applied and Enviromental Microbiology, 7*(68), 3522–3531. https://doi.org/10.1128/AEM.68.7.3522-3531.2002

Herrera, K., Cóbar, O., De León, J., Rodas, A., Boburg, S., Quan, J., Pernilla, L., Mancilla, C., & Gudiel, H. (2012). Impacto de la calidad microbiológica del aire externo en el ambiente interno de cuatro laboratorios de instituciones públicas en la ciudad de Guatemala y Bárcenas, Villa Nueva. *Revista Científica*.

Hormazábal, L. (2016). *Informe n° 1: Procedimientos básicos para análisis macroscópico y microscópico de bacterias, obtención y caracterización de microbiota normal y ambiental.* https://www.academia.edu/29799295/Intento9yfinalinforme

Hoskins, J., Alborn, W., Arnold, J., Blaszczak, L., Burgett, S., DeHoff, B., Estrem, S., Fritz, L., Jing Fu, D., Fuller, W., Geringer, C., Gilmour, R., Glass, J. S., Khoja, H., Kraft, A. R., Lagace, R. E., LeBlanc, D. j., Lee, L. N., Lefkowitz, E. J., Lu, J., . . . Glass, J. I. (2001). Genome of the Bacterium Streptococcus pneumoniae Strain R6. *Journal of Bacteriology*. https://doi.org/10.1128/jb.183.19.5709-5717.2001

Hospodsky, D., Qian, J., Nazaroff, W., Yamamoto, N., Bibby, K., Rismani-Yazdi, H., & Peccia, J. (2012). Human occupancy as a source of indoor airborne bacteria. *PLoS ONE*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034867

Hunter, H. B. (1998). *Imperfect Fungi.* APS PRESS.

ICONTEC. (2012). *GUÍA TÉCNICA GTC 45.* ICONTEC: http://132.255.23.82/sipnvo/normatividad/GTC_45_DE_2012.pdf

Instituto de ciencias de la atmosfera y cambio climático. (s.f.). *La Aerobiología*. https://www.atmosfera.unam.mx/ciencias-ambientales/aerobiologia/

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2025). *INSTRUCTIVO DE ENSAYO CONTROL MICROBIOLÓGICO DE AMBIENTES, SUPERFICIES Y AGUA GRADO REACTIVO SM 9020B.* IDEAM: https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/mapa-de-procesos/slc-i089_instructivo_de_ensayo_control_microbiologico_de_ambientes_superficies_y_agua_grado_reactivo_sm_9020b_v2.pdf

Koneman, E. W., Allen, S. D., Janda, W. M., Schreckenberger, P. C., & Winn, W. C. (2017). *Diagnóstico Microbiológico.*

Korc, M. (1999). MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*.

Kuno, A., & Vargas, T. (2014). MORFOLOGIA BACTERIANA. *Revista de Actualización Clínica, 49*. http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/raci/v49/v49_a02.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *Bacillus cereus Selectivo Agar.* Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_60705ea6e8f4c.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *Baird Parker Agar Base.* Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_607060f71db9b.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *Christensen Medio (Urea Agar Base).* Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6054e95043249.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *Clostridios Diferencial Agar*. Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070673631605.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *E.M.B. Agar (con Eosina y Azul de Metileno).* Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6054e713a290e.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *Indol Reactivo.* Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_612fb4e643dbf.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *MR-VP Medio.* Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070751064820.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *Pseudomonas Agar F.* BritaniaLab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_60707c42b028f.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *SIM Medio.* Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070922459b84.pdf

Laboratorios Britania s,a. (2021). *Simmons Citrato Agar.* Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_607092758cfa8.pdf

Labotarorios Britania s,a. (2012). *T.S.I. Agar (Triple Sugar Iron Agar).* Britanialab: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070971eb11bd.pdf

Landeras, E., López, M. M., & Santiago, R. (2017). *PROBLEMÁTICA CON EL MEDIO MGY PARA LA IDENTIFICACIÓN DE AISLAMIENTOS DE Pseudomonas syringae*

PATÓGENOS DE KIWI Y CON EL MEDIO SSM PARA EL AISLAMIENTO DE Curtobacterium flaccumfaciens pv. Redivia: https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/6616/2017_Landeras_Problem%C3%A1tica.pdf?sequence=1

Lara, C., Sanes, S. C., & Oviedo, L. E. (2013). Impacto de bacterias nativas solubilizadoras de fosfato en el crecimiento y desarrollo de plantas de rábano (Raphanus sativus L.). *Biotecnología Aplicada, 30*(4), 271-275. https://www.medigraphic.com/pdfs/biotecapl/ba-2013/ba134d.pdf

Larone, D. H., Westblade, L. F., Burd, E. M., Lockhart, S. R., Procop, G. W., & Walsh, T. J. (2023). *Larone's Medically Important Fungi: A Guide to Identification.* John Wiley & Sons, Inc. https://doi.org/10.1002/9781683674436

Lau, G., Haataja, S., Lonetto, M., Kensit, S., Marra, A., Bryant, A., McDevitt, D., Morrison, D., & Holden, D. (2001). A functional genomic analysis of type 3 Streptococcus pneumoniae virulence. *Molecular Microbiology, 40*(3), 555-571. https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.2001.02335.x

León, S. (2001). Shigelosis (disentería bacilar). *Salud en Tabasco, 7*(3). https://www.redalyc.org/pdf/487/48770306.pdf

López, A. M., & Samaniego, J. M. (2016). *EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD Y CARACTERIZACIÓN BACTERIANA ANAERÓBICA ESTRICTA DE LA FLORA INTESTINAL HUMANA PARA ENSAYOS IN-VITRO.* https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5cd2a611-f627-4c03-8b93-2651e46a5197/content

López-Hernández, I., López-Cerero, L., Fernández-Cuenca, F., & Pascual, Á. (2022). El papel del laboratorio de microbiología en el diagnóstico de infecciones por bacilos gramnegativos multirresistentes. Importancia de la determinación de mecanismos de resistencias. . *Medicina Intensiva*.

Lösch, L., & Merino, L. (2016). Presencia de Legionella spp. en depósitos domiciliarios de agua potable en Resistencia, Chaco, Argentina. Informe preliminar. *Revista Argentina de Microbiología, 48*(4), 329-332. https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.07.002

MacFaddin, J. (2000). *Biochemical Tests for Identification of Medical Bacteria.*

Marshall, R. S., Steenbergen, J. F., & McClung, L. S. (1965). Rapid Technique for the Enumeration of Clostridium perfringens. *Appl Microbiology, 13*(4). https://doi.org/10.1128/am.13.4.559-563.1965

Merida, H. M. (2004). *LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA.* https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36325336/investigacion-cualitativa-libre.pdf?1421694049=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DInvestigacion_cualitativa.pdf&Expires=1763338753&Signature=Ls1kynDo~t-rgr4zeR4eQM6J7AHIBgQPbv6uvxnPM2-5DQNWodz

Militotis, M., & Bier, J. (2003). *INTERNATIONAL HANDBOOK OF FOODBORNE PATHOGENS.* MARCEL DEKKER, INC. MARCEL DEKKER, INC.: https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=sbwCpA-r9EQC&oi=fnd&pg=PA27&dq=agar+bacillus+cereus&ots=YcMbalEJpW&sig=FAu_1Fxe6jRo-4OlUCzxUEng5go&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Molina, E. (2015). Contaminantes biológicos del aire interior de la vivienda: factores contribuyentes, afecciones relacionadas y medidas correctivas. *revepidemiologia*. https://revepidemiologia.sld.cu/index.php/hie/article/download/8/8?inline=1

Ochoa, S., López, F., Escalona, G., Cruz, A., Dávila, L., López, B., Jiménez, Y., Giono, S., Eslava, C., Hernández, R., & Xicohtencatl, J. (2013). Características patogénicas de cepas de Pseudomonas aeruginosa resistentes a carbapenémicos, asociadas con la formación de biopelículas. *Boletín médico del Hospital Infantil de México, 70*(2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-11462013000200010

Olarte, L., & Jackson, M. (2021). Streptococcus pneumoniae. *Pediatrics in Review, 42*(7), 349-359. https://doi.org/10.1542/pir.2020-0062

Ollis, G. W., Rawluk, S. A., Schoonderwoerd, M., & Schipper, C. (1995). Detection of Staphylococcus aureus in bulk tank milk using modified Baird-Parker culture media. *36*(10), 619–623. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1687136/?page=2

Organización Mundial de la Salud. (2013). *Buenas prácticas de la OMS para laboratorios de microbiología farmacéutica*.

Ortiz, S. D., & Larrea, A. P. (2014). MORFOLOGIA DE DIPLOCOCOS. *Revista de Actualización Clínica, 49*, 2614-2618. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/raci/v49/v49_a06.pdf

Qian, J., Yamamoto, D. H., Nazaroff, W. W., & Peccia, J. (2012). Size-resolved emission rates of airborne bacteria and fungi in an occupied classroom. *National Library of Medicine, 4*(22), 339-351. https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2012.00769.x.

Quishpe, J. P. (2021). Evaluación microbiológica de la calidad del aire en las áreas del Laboratorio de. *Universidad de las fuerzas armadas*.

Raabe, V., & Shane, A. (2019). Group B Streptococcus (Streptococcus agalactiae). *Microbiology Spectrum, 7*(2). https://doi.org/10.1128/microbiolspec.gpp3-0007-2018

Ramallo, F. (2021). La Influencia de las bacterias ambientales en la prevención de enfermedades alérgicas y asma. *Meducatium*. https://adm.meducatium.com.ar/contenido/articulos/27900490056_2107/pdf/27900490056.pdf

Richmond, J., & McKinney, R. (2002). Bioseguridad en laboratorios de microbiología y biomedicina. *CDC Stacks*.

Rivacaba, C., Rojas, L., Rioseco, L., Cerón, I., & Pavez, D. (2024). Streptococcus pyogenes : ¿En qué estamos en nuestro país? *Revista chilena de infectologia, 41*(4). https://doi.org/10.4067/s0716-10182024000400143

Rodríguez, P. A., & Arenas, R. (2018). Hans Christian Gram y su tinción. *Dermatología Cosmética, Médica y Quirúrgica, 16*(2). Medigraphic: https://www.medigraphic.com/pdfs/cosmetica/dcm-2018/dcm182n.pdf

Romero, C. A., & Castañeda, D. F. (2016). Determinación de la calidad bacteriológica del aire en un laboratorio de microbiología en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia. *Nova*.

Ruíz, P., Soledad, A., Ríos, C., & Rofino, R. (2016). Evaluación de la calidad microbiológica ambiental en laboratorios de una Universidad Privada de Huancayo - 2016. *Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt*.

Sakurada, A. (2013). Haemophilus influenzae. *Revista Chilena de infectología, 30*(6). https://doi.org/10.4067/S0716-10182013000600015

Sampieri, R. H. (2014). *Metodologia de la investigación* . Mc Graw Hill Education . https://doi.org/https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez%2C%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

Santa Marín, J. F., & Buitrago-Sierra, R. (2023). Aseguramiento de la calidad como oportunidad de mejora en los laboratorios de investigación. *TecnoLógicas*.

Silva, J. (2018). Determinación de la calidad Microbiológica en los ambientes de los Laboratorios de la UNIVERSIDAD DE SANTANDER CAMPUS CÚCUTA en el Año 2018. *Universidad de Santander*. https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/f0493670-0c1a-42c0-9a9f-ef1872f2e453/content

SizarOmeed, Leslie, S., & Chandrashekhar, U. (2023). *Gram-Positive Bacteria.* National Library of Medicine: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470553/

Sociedades Respiratorias Internacionales. (2017). *El impacto mundial de la Enfermedad Respiratoria - Segunda Edición.* Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales: https://theunion.org/sites/default/files/2020-08/The_Global_Impact_of_Respiratory_Disease_esp.pdf

Socorro, G., Avalos, H., & Soto, M. (2014). Microbiología general de Staphylococcus aureus: Generalidades, patogenicidad y métodos de identificación. *Rev Biomed, 25*(3), 129-143. https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=53414

Toledo, I., & Toledo, M. (2012). Neumonía adquirida en la comunidad en niños y adolescentes. *Revista Cubana de Medicina General Integral, 28*(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s0864-21252012000400014&script=sci_arttext

Toloza, D. L., & Lizarazo, L. M. (2013). CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AMBIENTE DE LA BIBLIOTECA ALFONSO PATIÑO ROSSELLI, TUNJA-BOYACÁ (COLOMBIA). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 16*(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000100006

Torres, M., & Paz, K. (s.f.). *TAMAÑO DE UNA MUESTRA PARA UNA INVESTIGACIÓN DE MERCADO.* Universidad Rafael Landívar: https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin02/URL_02_BAS02.pdf

Tripathi, N., Sapra, A., & Zubair, M. (2025). *Gram Staining.* National Library of Medicine: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562156/

Universidad Pública de Navarra (UPNA). (s.f). *TIPOS DE ENCUESTAS Y DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN*. Universidad Pública de Navarra (UPNA): https://www.unavarra.es/personal/vidaldiaz/pdf/tipos_encuestas.PDF

Uribe, A. (2020). Una mirada pedagógica a los laboratorios ciudadanos en Medellín, Colombia. *Pedagogía y Saberes*.

Vega, G., Ávila, J., Vega, A. J., Camacho, N., Becerril, A., & Leo, G. E. (2014). PARADIGMAS EN LA INVESTIGACIÓN. ENFOQUE CUANTITATIVO Y CUALITATIVO. *European Scientific Journal, 10*(15). https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/61258898/3477-1-10011-1-10-20140530201911 18-44529-1gutn4z-libre.pdf?1574131712=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPARADIGMAS_EN_LA_INVESTIGACION_ENFOQUE_C.pdf&Expires=1763337221&Signature=A~NbJFzsYiF3J

Watanabe, T. (2010). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species* . CRC Press. https://doi.org/1439804192

Watson, R. (s.f.). *THE VIRTUAL EDGE: Lab 15 Enzyme-Mediated Biochemical Activities of Bacteria: Physiological Testing I*. https://www.uwyo.edu/virtual_edge/lab15/grampositive_introduction.htm

World Health Organization. (2009). *WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould.* WHO.

World Health Organization. (2020). *Laboratory biosafety manual.* WHO.

Zambrano, C. C., & Luna, J. A. (2013). DIVERSIDAD MICROBIANA PRESENTE EN EL AMBIENTE DE LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA. *Rev. Intropica, 8*, 61-68. https://umapp002.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/733

9. ANEXOS

9.1 ANEXO A. ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE LA CARGA MICROBIANA DE LABORATORIOS

En el **ANEXO A** se presentan las preguntas abordadas en la encuesta aplicada a los usuarios de los laboratorios de Microbiología, Biología y Química General objeto de estudio.

9.2 ANEXO B. RESULTADOS DE PRUEBAS BIOQUIMICAS Y MEDIOS SELECTIVOS EN BACTERIAS Y CONTAMINANTES AISLADOS

En el **ANEXO B** se presenta los resultados fotográficos de las pruebas bioquímicas y medios selectivos en bacterias y contaminantes aislados.

9.3 ANEXO C. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS MICROBIOLÓGICOS

El **ANEXO C** contiene la matriz completa de identificación de riesgos microbiológicos aplicada para la evaluación de los riesgos de los tres laboratorios objeto de estudio, junto con la metodología que se siguió para dicha valoración.

9.4 ANEXO D. TABULACIÓN DE ENCUESTA

En el **ANEXO D** se expone la tabulación de cada una de las respuestas obtenidas en el desarrollo de la encuesta aplicada a usuarios de los tres laboratorios objeto de estudio.