Informe de Creación de la Colección Cepario de Bacterias y Levaduras para biotecnología y bioprospección CLB-UCundinamarca

Autores

Burgos-Toro Angie Daniela [1]

Portillo-Benavides David Alberto [2]

Abril-Herrera Diego Andrés [3]

Santiago García Morales [4]

[1]*Docente Zootecnia - Bióloga, M.Sc. en Ciencias – Microbiología, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá – Colombia*

adburgos@ucundinamarca.edu.co

[2] *Docente Agronomía - Biólogo, M.Sc. en Ciencias Biológicas, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá – Colombia*

dportillo@ucundinamarca.edu.co

[3] *Docente Zootecnia - Zootecnista, M.Sc. en Ciencias Pecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá – Colombia*

[4] *Estudiante de Zootecnia, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá – Colombia*

davidsgarcia@ucundinamarca.edu.co

1. Información general del proyecto

Nombre oficial de la colección: **Colección Cepario de Bacterias y Levaduras CBL-UCundinamarca**

Unidad responsable: **Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad de Cundinamarca**

Lugar de funcionamiento: **Laboratorio de Microbiología - Sede Fusagasugá**

Responsable / líder de colección:

Diego Andrés Abril Herrera

David Alberto Portillo Benavides

Angie Daniela Burgos Toro

Fecha de inicio del proyecto: **15-01-2025**

Fecha de creación formal del cepario: **19-12-2025**

2. Justificación de la creación

La creación de la colección cepario de bacterias y levaduras para biotecnología y bioprospección se fundamenta en la necesidad de fortalecer la infraestructura científica institucional para la gestión, conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos microbianos, en concordancia con los lineamientos internacionales para colecciones de cultivos establecidos por la World Federation for Culture Collections (WFCC).

Este tipo de colecciones constituye un componente estratégico de la investigación moderna, al garantizar la disponibilidad de material biológico auténtico, trazable y de calidad, indispensable para el desarrollo de la biotecnología, la bioprospección y la generación de conocimiento científico.

En el contexto actual de la Universidad de Cundinamarca, se identifica como problemática inicial la ausencia de un sistema institucional formal para el almacenamiento, caracterización, preservación y trazabilidad de bacterias y levaduras aisladas en el marco de proyectos de investigación, prácticas académicas y trabajos de grado. Esta situación conlleva riesgos significativos, tales como la pérdida irreversible de cepas de interés científico o aplicado, la falta de estandarización en los procesos de identificación y preservación, la imposibilidad de garantizar la autenticidad del material

biológico utilizado y la limitada reutilización de los recursos microbianos generados por la comunidad académica. Tales limitaciones afectan directamente la continuidad de las líneas de investigación, la calidad de los resultados científicos y el cumplimiento de buenas prácticas microbiológicas reconocidas a nivel nacional e internacional.

La implementación del cepario institucional responde a esta problemática al establecer un sistema organizado y normalizado de gestión de cepas, que incorpora procedimientos de preservación a largo plazo, identificación taxonómica, documentación técnica y control de calidad, en concordancia con las recomendaciones de la WFCC. Este enfoque permitirá asegurar la estabilidad genética, la viabilidad y la correcta identificación de las bacterias y levaduras conservadas, reduciendo riesgos asociados a errores de identificación, contaminación cruzada o pérdida de información crítica, aspectos que comprometen la validez y reproducibilidad de los procesos de investigación científica.

Desde una perspectiva institucional, la creación de esta colección se alinea de manera directa con el plan estratégico de desarrollo de la Universidad de Cundinamarca, en tanto fortalece los ejes misionales de investigación, innovación y proyección social, y contribuye a la consolidación de capacidades científicas orientadas al desarrollo regional y nacional. El cepario respalda las líneas de investigación institucionales relacionadas con biotecnología, ciencias agroambientales, microbiología, sostenibilidad, biodiversidad y aprovechamiento de recursos biológicos, proporcionando una base material confiable para el desarrollo de proyectos de investigación aplicada, básica y formativa.

Adicionalmente, el cepario permitirá consolidar a la Universidad de Cundinamarca como un actor relevante en la conservación ex situ de la biodiversidad microbiana, facilitando la articulación con redes nacionales e internacionales de colecciones de cultivos, el registro de cepas en sistemas reconocidos como el World Data Centre for Microorganisms (WDCM) y el cumplimiento de los principios de acceso, uso responsable y distribución de beneficios derivados de los recursos genéticos, en concordancia con la normativa vigente y las buenas prácticas promovidas por la WFCC.

En este sentido, la creación de la colección cepario de bacterias y levaduras no solo responde a una necesidad técnica y científica, sino que se configura como una herramienta estratégica institucional, orientada a la preservación del patrimonio microbiano generado en la Universidad, al fortalecimiento de su misión investigativa y al posicionamiento académico de la institución en el ámbito de la biotecnología y la bioprospección.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Consolidar la **Colección Cepario CBL-UCundinamarca** como una **plataforma institucional de referencia** para la preservación, caracterización, bioprospección y uso académico-científico de microorganismos de interés biotecnológico, contribuyendo al fortalecimiento de la investigación, la formación académica y la innovación en la Universidad de Cundinamarca.

3.2 Objetivos específicos

1. **Implementar y estandarizar** procedimientos técnicos para el aislamiento, identificación, preservación y manejo de microorganismos, de acuerdo con buenas prácticas microbiológicas y lineamientos institucionales.
2. **Consolidar un repositorio físico y digital** de cepas microbianas que garantice la trazabilidad completa de la información asociada a cada aislamiento, desde su origen hasta su uso académico o investigativo.
3. **Garantizar condiciones adecuadas de bioseguridad, control de calidad y mantenimiento**, asegurando la integridad, viabilidad y estabilidad de las cepas conservadas en la colección.
4. **Facilitar el acceso controlado** de estudiantes, docentes e investigadores a la colección cepario, promoviendo su uso en procesos de formación, investigación y transferencia de conocimiento.
5. **Fomentar el desarrollo de proyectos de investigación, trabajos de grado y publicaciones científicas** basadas en el estudio y aprovechamiento de los microorganismos conservados en la Colección Cepario CBL-UCundinamarca.

4. Alcance

El alcance del cepario está orientado hacia cuatro aspectos:

Tipos de microorganismos incluidos:

La Colección Cepario de Bacterias y Levaduras CBL-UCundinamarca está destinada exclusivamente a la conservación de bacterias y levaduras, en concordancia con su enfoque académico y biotecnológico y con las directrices de la World Federation for Culture Collections (WFCC). El cepario acepta únicamente microorganismos clasificados dentro de los niveles de bioseguridad 1 y 2, previa evaluación de su manejabilidad y riesgos asociados, garantizando condiciones seguras para el personal,

la infraestructura y el entorno institucional. No se contemplan otros grupos microbianos ni organismos que requieran niveles de contención superiores, asegurando que la colección opere dentro de un marco de bioseguridad, control y responsabilidad acorde con sus capacidades operativas.

Cobertura geográfica y ecosistémica de las muestras.

La colección cepario de bacterias y levaduras tiene como cobertura geográfica prioritaria los nichos productivos (pequeños y medianos productores) cacaoteros del departamento de Cundinamarca, considerada una región estratégica por su alta heterogeneidad ambiental, su relevancia agroproductiva y su diversidad de sistemas naturales y antrópicos. Las muestras que conforman la colección provienen principalmente de ecosistemas de trópico bajo, representativos de la región, en donde se desarrollan actividades productivas y ambientales de interés biotecnológico. La cobertura ecosistémica incluye matrices como suelos naturales y cultivados, rizosfera de plantas de interés agrícola, material vegetal y subproductos orgánicos, seleccionadas por su potencial para albergar bacterias y levaduras con capacidades metabólicas relevantes para procesos de bioprospección. Esta cobertura se concibe como dinámica y escalable, con proyección de ampliación hacia otras zonas del departamento y regiones del país, en función de los desarrollos investigativos, los convenios interinstitucionales y las necesidades científicas y tecnológicas de la Universidad de Cundinamarca.

Usuarios directos

Grupos de Investigación: Actualmente, la Facultad de Ciencias Agropecuarias, cuenta con 14 grupos de investigación activos de los cuales siete (7) trabajan en varias líneas asociadas a la biotecnología en suelos, cultivos, entre otros.

Gestores del conocimiento y aprendizaje: Mencionados grupos están conformados por, al rededor de 94 investigadores expertos en el área que desarrollan proyectos de investigación financiados por convocatorias internas y externas.

Semilleristas: Misma cantidad de semilleros de investigación (7), están conformados por un amplio número de creadores de oportunidades que trabajan en el desarrollo de proyectos integradores de semestre, proyectos de grado y como auxiliares de investigación en proyectos de convocatoria interna y externa.

Límites

El alcance de la colección cepario de bacterias y levaduras se encuentra delimitado por criterios estrictos de bioseguridad y cumplimiento normativo, en concordancia con las

recomendaciones de la World Federation for Culture Collections (WFCC). En este sentido, la colección se restringe al manejo y conservación de microorganismos clasificados como *grupo de riesgo 1* y, de manera condicionada, *grupo de riesgo 2*, siempre que su manipulación sea compatible con la infraestructura, los procedimientos y los niveles de contención disponibles en la institución. Quedan explícitamente excluidos del alcance del cepario los microorganismos patógenos de *grupo de riesgo 3 y 4*, así como aquellos agentes que, por su potencial de diseminación, toxicidad, dualidad de uso o implicaciones en bioseguridad y bioseguridad nacional, requieran instalaciones, licencias o autorizaciones especiales no contempladas en la presente iniciativa. La aceptación de cepas del grupo de riesgo 2 estará sujeta a evaluaciones de riesgo previas, protocolos de manejo estandarizados, control de acceso, capacitación del personal y cumplimiento de la legislación vigente en materia de salud, seguridad y control biológico. Estas delimitaciones garantizan que la colección opere bajo principios de gestión responsable del riesgo, protegiendo al personal, a la comunidad académica y al entorno, y asegurando que la conservación y el uso de los recursos microbianos se realicen conforme a las buenas prácticas internacionales para colecciones de cultivos microbiológicos.

5. Metodología de creación del Cepario

5.1 Obtención de aislados

La Colección Cepario de Bacterias y Levaduras para Biotecnología y Bioprospección CLB-UCundinamarca se nutre de aislados microbianos obtenidos a partir de campañas de muestreo desarrolladas en diversos contextos productivos, ambientales y experimentales, así como de depósitos realizados por investigadores internos y externos a la institución. Las campañas de muestreo no responden a un diseño único o restrictivo, dado que el objetivo principal del cepario es la conservación ex situ de la diversidad microbiana con potencial biotecnológico, más que la reproducción de un esquema de muestreo ecológico cerrado. En todos los casos, cada aislamiento incorporado debe contar, como información mínima obligatoria, con las coordenadas geográficas del sitio de origen, la fecha de obtención, el tipo general de sustrato o ecosistema y la identificación del responsable del aislamiento, garantizando así la trazabilidad básica del recurso biológico conforme a las recomendaciones internacionales para colecciones microbianas.

Los microorganismos son aislados mediante metodologías microbiológicas estándar, priorizando el uso de medios generales y condiciones no selectivas en una fase inicial, con el fin de maximizar la recuperación de bacterias y levaduras cultivables. Para su

ingreso al cepario, cada aislamiento debe ser entregado por triplicado, preservado tanto en semisólido de Agar Nutritivo como en suspensión criopreservada en caldo nutritivo con glicerol en proporción 1:1, lo que permite asegurar redundancia, viabilidad y respaldo ante pérdidas accidentales. La caracterización taxonómica, fisiológica o molecular detallada de los aislados no constituye un requisito previo para su incorporación, dado que dichos análisis podrán desarrollarse posteriormente en el marco de proyectos de investigación, actividades de docencia o procesos de bioprospección asociados a la colección.

Adicionalmente, el CLB-UCundinamarca está concebido como una colección de alcance amplio e inclusivo, abierta a la recepción de bacterias y levaduras provenientes de cualquier ecosistema, matriz o sistema productivo, sin distinción de origen geográfico o disciplinar, siempre que los microorganismos puedan ser clasificados dentro de los niveles de bioseguridad 1 o 2 como máximo. Previo a su aceptación formal, todos los depósitos son sometidos a una evaluación básica de riesgo biológico, en concordancia con las normativas institucionales y las directrices internacionales de bioseguridad para colecciones de cultivos. No se aceptarán microorganismos pertenecientes a grupos de riesgo superiores ni aquellos cuya manipulación requiera instalaciones o autorizaciones especiales que excedan la capacidad operativa del cepario, garantizando así un manejo seguro, responsable y sostenible de los recursos microbianos conservados.

5.2 Aislamiento y purificación

El aislamiento y purificación de bacterias y levaduras en el CLB-UCundinamarca se realiza siguiendo principios de buena práctica microbiológica, priorizando el uso de medios de cultivo generales que permitan una amplia recuperación de microorganismos cultivables y faciliten su posterior mantenimiento a largo plazo. De manera preferente, se emplea Agar Nutritivo para bacterias y Agar Papa Dextrosa (PDA) para levaduras, debido a su versatilidad, bajo costo, reproducibilidad y compatibilidad con una amplia diversidad microbiana, lo cual resulta fundamental para una colección en etapa de consolidación. En aquellos casos en los que los aislamientos hayan sido obtenidos utilizando medios selectivos o diferenciales, este requisito debe quedar explícitamente consignado en el formulario de ingreso del aislamiento (https://forms.office.com/r/gLdcrX7dVv), de modo que los futuros usuarios de la cepa conozcan las condiciones mínimas necesarias para su reactivación, cultivo y manipulación, garantizando la trazabilidad técnica del material biológico.

Las condiciones de cultivo empleadas durante el aislamiento, purificación y mantenimiento inicial de los microorganismos se ajustan a las capacidades operativas actuales del cepario, las cuales incluyen una incubadora de temperatura controlada, una nevera de refrigeración y un congelador convencional. En este sentido, se prioriza la incorporación de aislados que puedan ser cultivados, subcultivados y preservados bajo condiciones estándar de laboratorio, sin requerir atmósferas especiales, equipos de alta complejidad o condiciones extremas de temperatura. Este criterio operativo busca asegurar la viabilidad sostenida de las cepas, la seguridad del personal y la estabilidad del cepario en el tiempo, en concordancia con las recomendaciones de la WFCC, que enfatizan que las colecciones deben definir su alcance técnico en función de sus recursos disponibles, evitando comprometer la calidad del servicio o la conservación de los recursos microbianos.

Desde el punto de vista microbiológico, cada aislamiento incorporado al CLB-UCundinamarca debe cumplir parámetros mínimos de pureza, viabilidad y estabilidad fenotípica antes de su ingreso formal a la colección. La purificación se realiza mediante resiembras sucesivas hasta obtener cultivos axénicos, los cuales son evaluados mediante observación macroscópica y microscópica básica. Adicionalmente, se registra información esencial asociada al aislamiento, incluyendo condiciones de crecimiento, medio recomendado y observaciones relevantes sobre su comportamiento en cultivo. En concordancia con las directrices WFCC, los aislados cuya identidad taxonómica no haya sido establecida de manera definitiva son tratados de forma precautoria, asumiendo un nivel de riesgo conservador hasta contar con información suficiente, y se garantiza que ningún microorganismo sea incorporado sin una evaluación previa de su manejabilidad, bioseguridad y compatibilidad con las condiciones del cepario.

5.3 Identificación

La identificación de los microorganismos incorporados al CLB-UCundinamarca se realiza mediante una aproximación combinada que integra métodos moleculares y fenotípicos, en concordancia con las directrices de la World Federation for Culture Collections (WFCC), las cuales establecen que toda colección debe garantizar, en la medida de sus capacidades, la correcta autenticación de los cultivos que conserva. Para bacterias se emplea prioritariamente la secuenciación del gen 16S rRNA, mientras que para levaduras se utiliza la región ITS como marcador estándar preliminar. En aquellos casos en los que los aislados ingresan al cepario con identificación molecular previa, se requiere que la secuencia correspondiente repose en una base de datos

pública reconocida y cuente con su respectivo código de acceso (por ejemplo, NCBI), el cual es registrado como parte integral de la documentación de la cepa. La generación de nuevas secuencias y su posterior depósito en repositorios internacionales podrá realizarse de manera progresiva en el marco de proyectos de investigación asociados al cepario.

De manera complementaria, todos los aislados son sometidos a caracterización fenotípica básica, que incluye la evaluación de rasgos macroscópicos y microscópicos del crecimiento en cultivo. La caracterización macroscópica contempla parámetros como morfología colonial, coloración, borde, elevación, textura y velocidad de crecimiento en los medios recomendados, mientras que la caracterización microscópica permite describir la forma celular, arreglos, presencia de estructuras reproductivas y otros rasgos diagnósticos relevantes, de acuerdo con la naturaleza del microorganismo. La caracterización microscópica contempla el uso de tinciones (tinción de Gram; tinción Ziehl–Neelsen / Kinyoun; tinción negativa; tinción Schaeffer–Fulton y uso de mordientes) para la caracterización celular de los microrganismos. Esta información se documenta utilizando esquemas y registros gráficos estandarizados del cepario, usando los formatos establecidos e incorporando fotos y registros visuales de los aislamientos a nivel macro y microscópico, lo que facilita la comparación entre subcultivos y la verificación de la estabilidad fenotípica a lo largo del tiempo, tal como recomienda la WFCC para apoyar los procesos de autenticación y control de calidad.

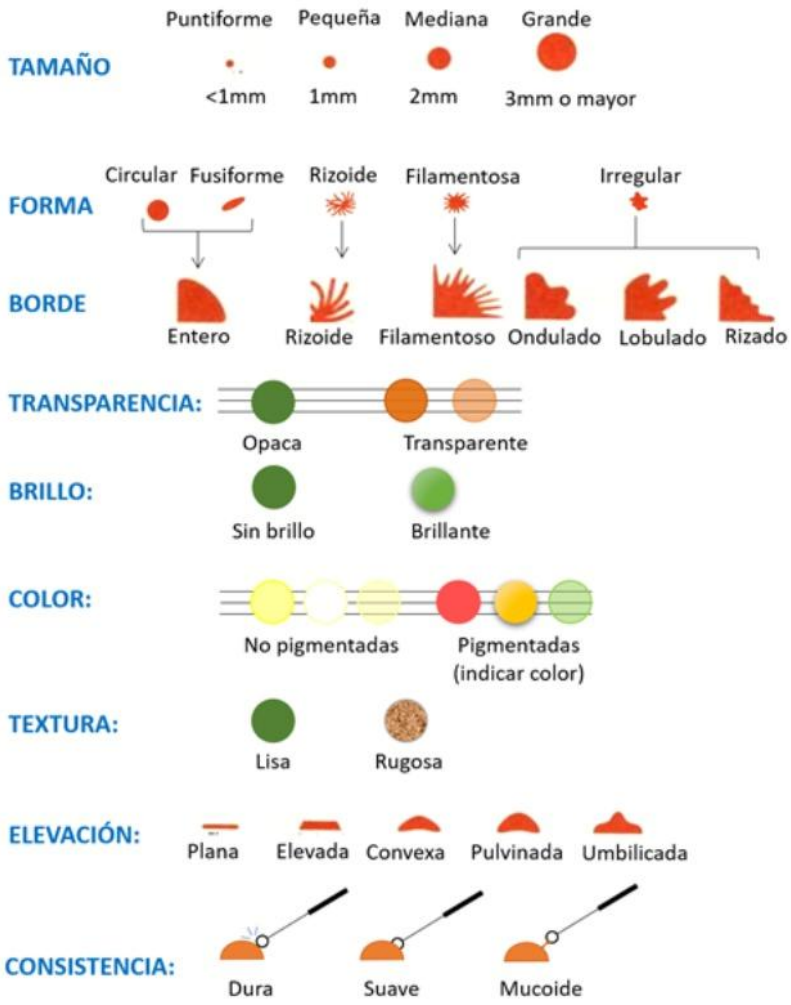

Figura 1. Descripción macroscópica estándar de las colonias microbianas

Las asignaciones taxonómicas se realizan mediante la comparación de secuencias y descriptores fenotípicos frente a bases de datos de aceptación científica ampliamente reconocidas, incluyendo, pero no limitadas a, NCBI, EBI y SILVA, así como otros repositorios especializados según el grupo microbiano de interés. En concordancia con la WFCC, la identificación se considera un proceso dinámico y revisable, por lo que los aislados cuya identidad no pueda establecerse con certeza son manejados de forma precautoria y clasificados provisionalmente hasta contar con información adicional. El control de calidad de la identificación incluye la verificación periódica de la congruencia entre los registros fenotípicos, moleculares y documentales, así como la revisión de la trazabilidad del aislamiento, asegurando que cada cepa conservada en el CLB-UCundinamarca represente un recurso biológico auténtico, confiable y adecuadamente documentado.

5.4 Preservación

La preservación de los microorganismos en el CLB-UCundinamarca se basa en métodos ampliamente validados para garantizar la viabilidad, estabilidad y seguridad de las cepas a mediano y largo plazo, de acuerdo con las directrices de la World Federation for Culture Collections (WFCC). El método principal de conservación es la criopreservación en glicerol, utilizando suspensiones celulares en caldo nutritivo con glicerol como agente crioprotector, almacenadas en congelación convencional. Este enfoque permite minimizar la pérdida de viabilidad y reducir el riesgo de cambios fenotípicos asociados a subcultivos frecuentes. De manera complementaria, y cuando las condiciones técnicas lo permitan, se contempla la incorporación de otros métodos de preservación como la liofilización u opciones alternativas recomendadas para grupos microbianos específicos, priorizando siempre aquellos procedimientos compatibles con la infraestructura y capacidades operativas del cepario.

Cada cepa incorporada a la colección es asignada a un sistema de codificación interno único, que permite su identificación inequívoca y asegura la trazabilidad completa del aislamiento desde su origen hasta su preservación y eventual uso. Esta codificación se vincula a la información mínima obligatoria de cada aislamiento, incluyendo datos de procedencia, fecha, método de preservación, medio de cultivo recomendado y nivel de bioseguridad asignado. En concordancia con las recomendaciones de la WFCC, el sistema de codificación está diseñado para ser escalable y compatible con esquemas internacionales de registro de colecciones, permitiendo a futuro su integración con bases de datos institucionales o redes globales como el World Data Centre for Microorganisms (WDCM), sin comprometer la gestión interna actual.

Con el fin de reducir el riesgo de pérdida accidental de material biológico, el CLB-UCundinamarca implementa un esquema de duplicados y copias de seguridad para las cepas preservadas. Siempre que sea posible, cada aislamiento se conserva en al menos dos réplicas independientes, almacenadas en condiciones separadas dentro de las instalaciones disponibles. Las condiciones de almacenamiento se ajustan a los requerimientos del método de preservación empleado, utilizando nevera de refrigeración para cultivos activos o de respaldo a corto plazo, y congelador para cepas criopreservadas. Este enfoque responde directamente a las recomendaciones de la WFCC sobre redundancia mínima y gestión del riesgo, y permite garantizar la continuidad y sostenibilidad de la colección incluso en contextos de infraestructura limitada.

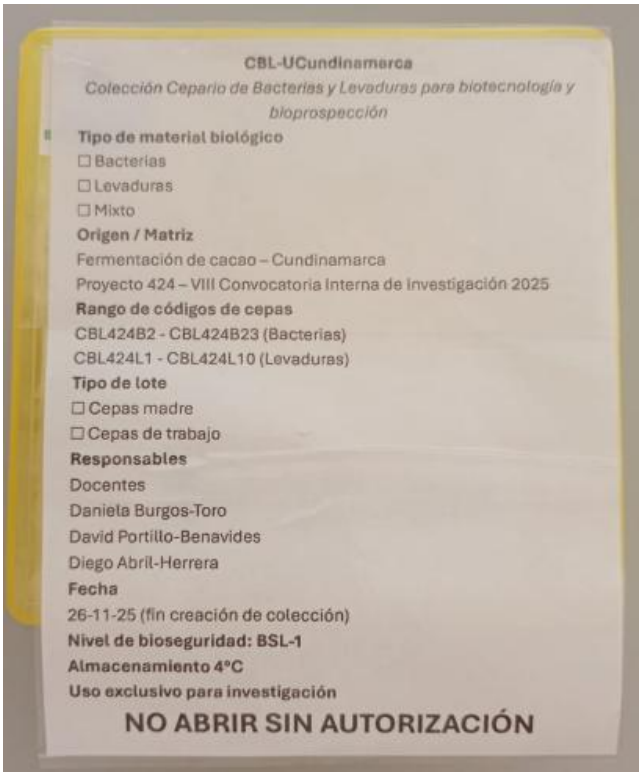

Figura 2. Formato de identificación de caja de crioviales



Figura 3. Contramarcaje de identificación del Cepario en caja de crioviales



Figura 4. Crioviales en caja de almacenamiento. Aislamientos conservados en glicerol/caldo nutritivo 1:1. Tapa sellada con parafilm.

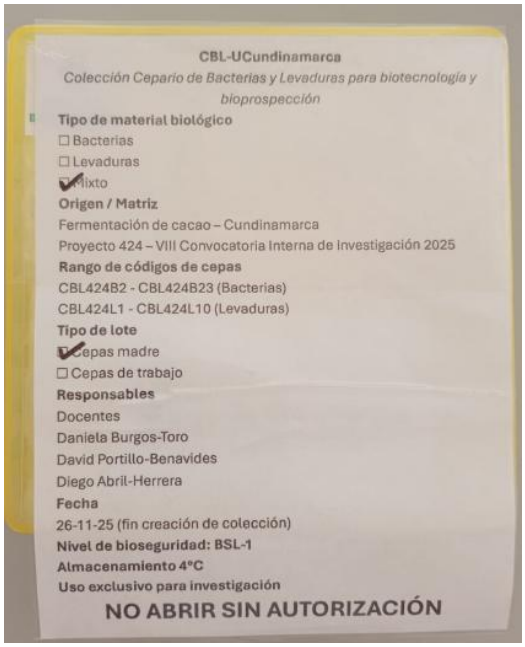

Figura 5. Marcaje de formato de identificación de caja de crioviales con cepas madre.

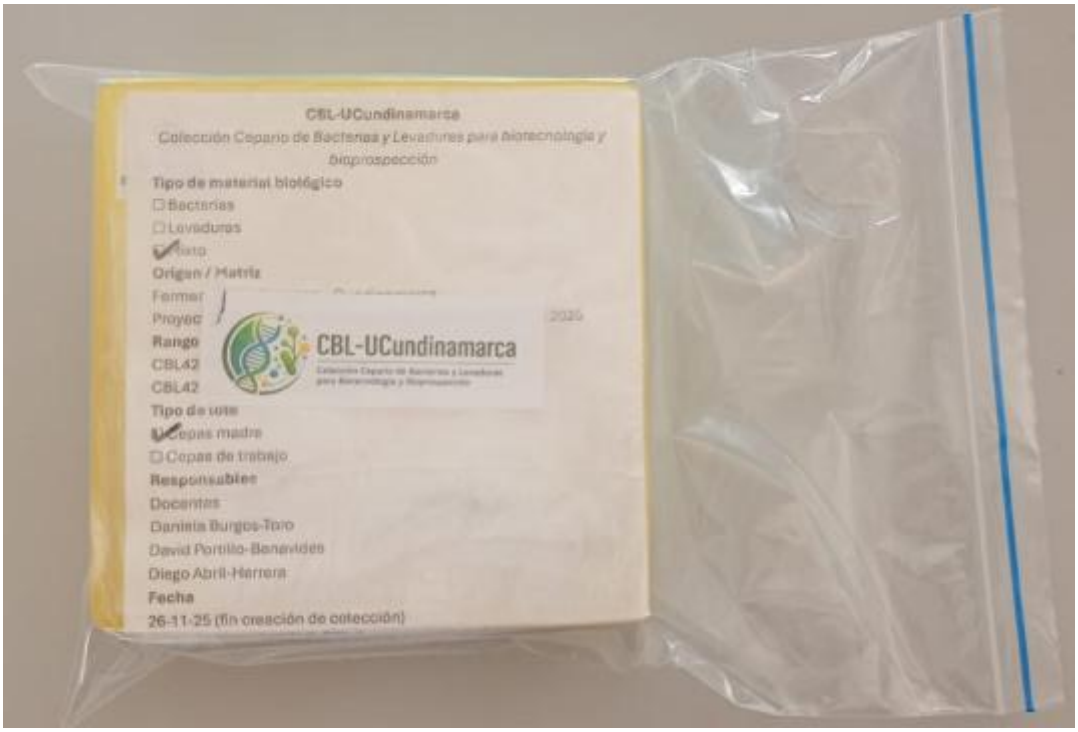

Figura 6. Embalaje final para almacenamiento en congelador

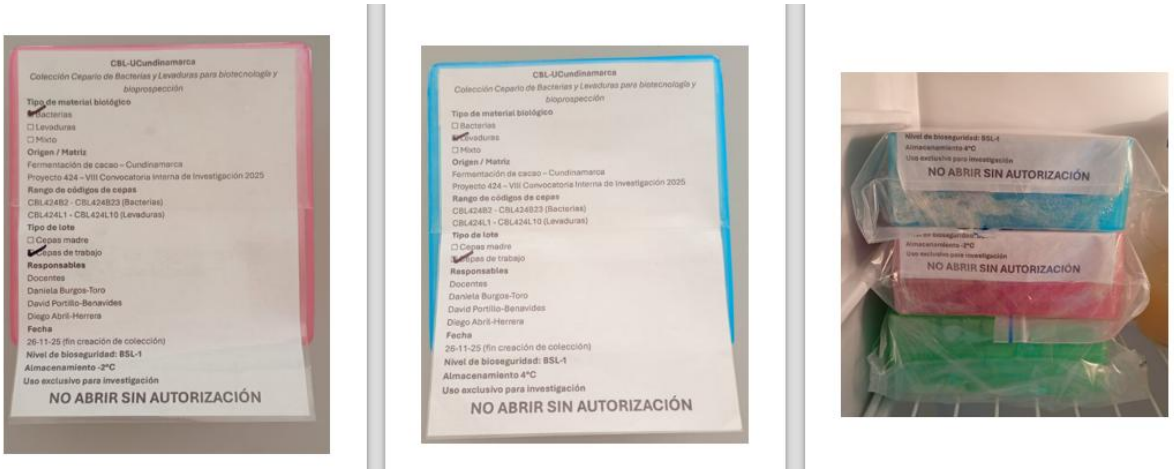

Figura7. Marcaje de formato de identificación de cajas de crioviales. De derecha a izquierda: cepas de trabajo-bacterias; cepas de trabajo-levaduras; almacenamiento en embalaje en nevera



Figura 8. Marcaje de cepas madre y cepas de trabajo.

5.5 Sistema de trazabilidad

El CLB-UCundinamarca cuenta con un sistema de trazabilidad diseñado para garantizar la identificación inequívoca, el seguimiento y la recuperación de la información asociada a cada cepa conservada, desde su ingreso hasta su uso o preservación a largo plazo. Cada aislamiento recibe un código único estructurado bajo el formato **CLB###-X-YYY**, donde *CLB* corresponde al acrónimo de la Colección Cepario de Bacterias y Levaduras; *###* identifica el proyecto de investigación del cual se deriva el aislamiento; *X* indica el grupo microbiano (B para bacterias y L para levaduras); y *YYY* corresponde al número consecutivo asignado dentro del conjunto de aislamientos obtenidos en dicho proyecto. Esta estructura permite una lectura inmediata del origen del aislamiento, su naturaleza biológica y su relación con procesos investigativos específicos, asegurando coherencia interna y escalabilidad del sistema conforme crezca la colección.



Figura 9. Ejemplo de código estructurado dentro de la Colección Cepario

El registro y gestión de la información asociada a las cepas se realiza mediante un sistema digital centralizado, acorde con las recomendaciones de la WFCC sobre documentación mínima obligatoria y respaldo de la información. Actualmente, el cepario utiliza un repositorio digital institucional basado en hojas de cálculo, donde se consignan los códigos de las cepas, datos de procedencia, características macroscópicas y microscópicas, condiciones de cultivo, observaciones relevantes y registros fotográficos, incluyendo imágenes de colonias y tinciones básicas como Gram cuando aplique. De manera progresiva, se proyecta la implementación de formularios digitales estandarizados para el ingreso y registro de nuevos aislamientos, los cuales permitirán fortalecer la consistencia de los datos, facilitar la trazabilidad desde el momento del depósito y optimizar la gestión futura del cepario (https://forms.office.com/r/gLdcrX7dVv).

Complementariamente, el CLB-UCundinamarca contempla el desarrollo e implementación de fichas de cepas individuales como instrumento formal de documentación, en concordancia con las directrices WFCC que recomiendan conservar información detallada y actualizable para cada cultivo. Estas fichas integrarán los datos de identificación, preservación, condiciones de almacenamiento, registros fenotípicos y moleculares disponibles, así como cualquier restricción asociada al uso o distribución del microorganismo. Toda la información digital se almacena en un repositorio institucional bajo la custodia del curador del cepario, con respaldo periódico, garantizando la integridad, disponibilidad y seguridad de los datos, incluso en contextos de infraestructura limitada. (Material suplementario)

6. Resultados alcanzados

6.1 Número total de microorganismos preservados

A la fecha de elaboración del presente informe, la colección cepario de bacterias y levaduras cuenta con un total de 21 aislamientos microbianos preservados, de los cuales 13 corresponden a bacterias y 8 a levaduras, obtenidos en el marco de procesos de aislamiento y caracterización microbiológica estándar. Cada aislamiento dispone de un código único de identificación, así como de información básica de caracterización macroscópica y microscópica, condiciones de aislamiento y observaciones asociadas a su viabilidad y preservación. Esta distribución refleja una colección en fase inicial de consolidación, en concordancia con los lineamientos de buenas prácticas para colecciones de cultivos, que priorizan la correcta documentación, autenticación y preservación de las cepas sobre el crecimiento cuantitativo no planificado. El cepario se concibe como un sistema dinámico y escalable, por lo que el número de bacterias y levaduras preservadas podrá incrementarse progresivamente conforme se validen nuevos aislamientos, se fortalezcan las capacidades técnicas y se mantenga la coherencia con los objetivos científicos, de bioseguridad y de sostenibilidad institucional.

6.2 Diversidad taxonómica

En su fase actual, la Colección Cepario CBL-UCundinamarca conserva aislamientos de bacterias y levaduras caracterizados principalmente a nivel de morfotipos, a partir de la evaluación macroscópica de colonias y la caracterización microscópica básica, incluyendo tinción de Gram, con registro fotográfico sistemático y documentación en la base de datos interna del cepario. De acuerdo con las directrices de la World Federation for Culture Collections (WFCC), este nivel de caracterización es apropiado para colecciones en etapa de consolidación, siempre que los aislamientos cuenten con información trazable de origen, fenotipo y condiciones de cultivo, permitiendo su adecuada gestión y futura autenticación taxonómica. En este contexto, se proyecta que, en el marco de los proyectos de la X Convocatoria Interna de Investigación, específicamente 559 “Bacterias de la Colección Cepario CBL-UCundinamarca moduladoras de microbioma: análisis genómico-fenotípico orientado a cultivos starter en fermentación de cacao y bioprospección de compuestos para el control microbiano” y 579 “Diversidad bacteriana y potencial probiótico de guarapos tradicionales de Cundinamarca”, los aislamientos actualmente conservados y los nuevos que se incorporen —principalmente derivados de fermentaciones tradicionales de

Cundinamarca— sean caracterizados progresivamente mediante marcadores moleculares (16S rRNA e ITS) y, para aislamientos priorizados, mediante secuenciación genómica completa, fortaleciendo la resolución taxonómica a nivel de familias, géneros y especies, en coherencia con las recomendaciones de la WFCC sobre autenticación, documentación y crecimiento gradual de las colecciones microbianas.

6.3 Origen de las muestras

El origen principal de los aislamientos que dieron lugar a la creación de la Colección Cepario CBL-UCundinamarca corresponde a fermentaciones de cacao, obtenidos en el marco de la VIII Convocatoria Interna de Investigación, específicamente del proyecto 424 *"Impacto de las comunidades microbianas en la fermentación del cacao: una aproximación desde la bioprospección microbiana, como nueva línea de investigación de la Universidad de Cundinamarca"*. Los aislamientos cultivables fueron derivados del mucílago y de semillas de cacao maceradas, muestreadas en dos momentos clave del proceso fermentativo: 24 horas tras el inicio de la fermentación y 140 horas al final del proceso, permitiendo capturar microorganismos asociados tanto a las etapas tempranas como tardías de la sucesión microbiana. Toda la información de procedencia, fecha y matriz de origen fue registrada como parte de la documentación mínima exigida para su ingreso al cepario. De manera complementaria, se proyecta que el CBL-UCundinamarca se fortalezca durante el próximo año con aislamientos derivados de otras matrices agropecuarias, particularmente en el marco de la X Convocatoria Interna de Investigación, a través del proyecto 579 *"Diversidad bacteriana y potencial probiótico de guarapos tradicionales de Cundinamarca"*. Asimismo, el cepario está concebido como una plataforma abierta a la recepción de aislamientos cultivables provenientes de diversas matrices agropecuarias y ambientales, siempre que su incorporación sea compatible con las capacidades técnicas del laboratorio y cumpla con los criterios de bioseguridad establecidos. Este enfoque es consistente con las recomendaciones de la WFCC, que promueven colecciones con origen de muestras claramente documentado, pero con flexibilidad para integrar nuevos recursos biológicos de interés académico y biotecnológico de manera progresiva y controlada.

6.4 Productos derivados

A la fecha, la creación y consolidación inicial de la Colección Cepario CBL-UCundinamarca no ha dado lugar aún al sometimiento o publicación de artículos científicos derivados directamente del uso de las cepas conservadas, más allá del presente informe de creación y consolidación, elaborado conforme a los formatos, lineamientos institucionales y recomendaciones de la World Federation for Culture

Collections (WFCC). No obstante, el cepario se concibe como una infraestructura habilitante, y los proyectos asociados a su desarrollo contemplan explícitamente la generación de artículos de investigación y otros productos académicos derivados del almacenamiento, caracterización y aprovechamiento biotecnológico de los microorganismos conservados.

En términos de formación de talento humano, el proceso de creación del cepario ha permitido la vinculación activa de estudiantes en actividades de investigación aplicada. En particular, David Santiago García Morales, estudiante del programa de Zootecnia e integrante del semillero de investigación SISPROS, participó en el proceso de creación y organización inicial del cepario, lo que dio lugar a su reconocimiento como autor en productos académicos asociados, sin asumir funciones de curaduría de la colección. Este proceso evidencia el potencial formativo del cepario como espacio para el aprendizaje práctico en microbiología, biotecnología y gestión de colecciones biológicas, con proyección a ampliar la participación estudiantil en los próximos años.

Los principales proyectos derivados y articulados al CBL-UCundinamarca corresponden a: 424 “Impacto de las comunidades microbianas en la fermentación del cacao: una aproximación desde la bioprospección microbiana, como nueva línea de investigación de la Universidad de Cundinamarca”, 559 “Bacterias de la Colección Cepario CBL-UCundinamarca moduladoras de microbioma: análisis genómico-fenotípico orientado a cultivos starter en fermentación de cacao y bioprospección de compuestos para el control microbiano” y 579 “Diversidad bacteriana y potencial probiótico de guarapos tradicionales de Cundinamarca”. Estos proyectos integran enfoques de metataxonomía, caracterización fenotípica y genómica, metabolómica y bioprospección, y constituyen la base para el desarrollo futuro de herramientas virtuales, bases de datos comparativas y esquemas de integración de información microbiana a escala regional y global. Se espera que para el año 2026 el número de investigadores y estudiantes vinculados al cepario aumente de manera progresiva, consolidándolo como una plataforma estratégica para la investigación, la formación y la innovación en la Universidad de Cundinamarca.

7. Infraestructura y recursos

El CLB-UCundinamarca se encuentra ubicado en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, sede Fusagasugá, donde cuenta con un espacio asignado para la conservación y manejo de los aislamientos. Actualmente, el cepario dispone de acceso a infraestructura básica compartida, incluyendo una incubadora para cultivo microbiológico, una nevera de refrigeración y un congelador convencional,

en los cuales se almacenan las cepas preservadas. Esta infraestructura ha sido cedida institucionalmente y permite el desarrollo de las actividades mínimas necesarias para el aislamiento, mantenimiento y conservación de bacterias y levaduras, en concordancia con las directrices de la WFCC, que reconocen que la calidad de una colección depende de la correcta gestión de los recursos disponibles más que de la sofisticación del equipamiento.

Las condiciones de bioseguridad del cepario se ajustan a los lineamientos institucionales vigentes para el manejo de microorganismos de bajo riesgo, limitando la incorporación de cepas a los niveles de bioseguridad 1 y 2 como máximo. Las actividades de manipulación, cultivo y almacenamiento se realizan bajo prácticas estándar de laboratorio, con evaluación previa del riesgo biológico de los aislamientos y control del acceso a los materiales conservados. El manejo compartido de la infraestructura se realiza respetando los protocolos del laboratorio de microbiología de la facultad, garantizando condiciones seguras tanto para el personal como para la integridad de los recursos biológicos almacenados, en coherencia con las recomendaciones de la WFCC en materia de seguridad y control.

En cuanto a materiales y consumibles, el cepario dispone de los insumos mínimos necesarios para su operación, incluyendo medios de cultivo generales como Agar Papa Dextrosa (PDA) y Agar Nutritivo, glicerol para criopreservación, puntas plásticas, tubos tipo Eppendorf, cajas de Petri, parafilm y otros materiales de uso rutinario en microbiología. Estos recursos han sido adquiridos principalmente en el marco de la VIII Convocatoria Interna de Investigación de la Universidad de Cundinamarca, específicamente a través del proyecto 424 *“Impacto de las comunidades microbianas en la fermentación del cacao: una aproximación desde la bioprospección microbiana, como nueva línea de investigación de la Universidad de Cundinamarca”*, el cual dio origen a la creación formal del cepario y constituye su principal fuente inicial de financiación.

La sostenibilidad del CLB-UCundinamarca está estrechamente ligada a la aprobación y ejecución de nuevos proyectos de investigación, tanto internos como externos a los curadores del cepario, siempre que dichos proyectos contemplen el uso y fortalecimiento de las cepas conservadas en la colección. En este sentido, el mantenimiento y crecimiento del cepario dependerá de la gestión de recursos a través de convocatorias institucionales, así como del apoyo progresivo de la Oficina de Investigación, la Facultad de Ciencias Agropecuarias y la Universidad de Cundinamarca. Como proyección a mediano plazo, se espera gestionar infraestructura dedicada, como

una nevera exclusiva para el cepario, y mayores capacidades para identificación molecular, consolidando gradualmente al CLB-UCundinamarca como un recurso estratégico institucional para la investigación, la docencia y la bioprospección microbiana.

8. Protocolos implementados

El CLB-UCundinamarca opera bajo un conjunto de prácticas estandarizadas alineadas con las directrices de la World Federation for Culture Collections (WFCC), orientadas a garantizar la seguridad, la calidad y la trazabilidad de los recursos microbianos conservados. Si bien el cepario se encuentra en una etapa inicial de consolidación, se proyecta la formalización de un **Manual de Operación del Cepario (Standard Operating Procedures, SOPs)** que integrará los procedimientos asociados al ingreso de aislamientos, codificación, preservación, identificación, almacenamiento, uso y eventual distribución de cepas. Este manual se desarrollará de manera articulada con los formularios digitales de solicitud de registro y las fichas de cepas, permitiendo estandarizar procesos y asegurar coherencia operativa, en concordancia con la recomendación de la WFCC de documentar explícitamente todos los flujos de trabajo de la colección (https://forms.office.com/r/gLdcrX7dVv).

Los procedimientos de inocuidad y bioseguridad aplicados en el CLB-UCundinamarca se rigen por los lineamientos institucionales del laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y por las recomendaciones de la WFCC en materia de evaluación de riesgos, contención y manejo seguro de microorganismos. El cepario limita estrictamente la incorporación y manipulación de cepas clasificadas en niveles de bioseguridad 1 y 2, y realiza una evaluación básica de riesgo antes del ingreso formal de cada aislamiento. Las actividades de cultivo, subcultivo, preservación y almacenamiento se desarrollan bajo buenas prácticas microbiológicas, con control del acceso al material biológico y con especial atención a la prevención de riesgos para el personal, el ambiente y la comunidad académica.

El mantenimiento de los equipos utilizados por el cepario, tales como incubadoras, neveras y congeladores, se encuentra integrado a los esquemas institucionales de seguimiento y control, particularmente a través del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y del Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad de Cundinamarca. Adicionalmente, el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos depende de las solicitudes y recursos gestionados en el marco de los proyectos de investigación

internos o externos asociados al cepario. Este esquema garantiza que los equipos operen dentro de condiciones seguras y funcionales, aun cuando la infraestructura sea compartida, en línea con la recomendación de la WFCC de asegurar la confiabilidad operativa de los sistemas de almacenamiento y cultivo.

La gestión de los desechos biológicos generados durante las actividades del cepario se realiza conforme a los manuales institucionales de bioseguridad y a los lineamientos del Sistema de Gestión Ambiental, asegurando la correcta segregación, inactivación y disposición final de los residuos microbiológicos. De igual forma, se implementan medidas para el control de la contaminación cruzada, que incluyen el manejo separado de cepas, la rotulación clara de materiales, el uso de cultivos axénicos verificados y la minimización de subcultivos innecesarios, tal como recomienda la WFCC para preservar la autenticidad de las cepas.

Finalmente, la gestión del acceso y uso de las cepas conservadas en el CLB-UCundinamarca se realiza de manera controlada y bajo la responsabilidad directa de los curadores del cepario. El acceso al material biológico está restringido a proyectos de investigación aprobados y alineados con los objetivos del cepario, y cualquier préstamo o uso externo estará sujeto a condiciones previamente definidas, en concordancia con las directrices WFCC sobre control de distribución, responsabilidad institucional y protección de los recursos biológicos. Este enfoque garantiza un uso ético, seguro y trazable de las cepas, fortaleciendo la confianza en la colección como infraestructura académica y científica.

9. Impacto institucional y académico

La creación de la colección cepario de bacterias y levaduras tendrá un impacto directo y sostenido en la calidad, continuidad y reproducibilidad de la investigación científica, al garantizar la disponibilidad de cepas auténticas, preservadas bajo protocolos estandarizados, correctamente identificadas y documentadas. De acuerdo con los lineamientos de la WFCC, las colecciones de cultivos constituyen una infraestructura crítica para la investigación microbiológica, al reducir la pérdida de recursos genéticos, minimizar errores de identificación y asegurar la trazabilidad del material biológico empleado en estudios científicos. El cepario permitirá fortalecer proyectos en microbiología, biotecnología, ciencias agroambientales y biodiversidad microbiana, facilitando la generación de resultados confiables, comparables y publicables en escenarios académicos nacionales e internacionales.

En el ámbito formativo, el cepario se consolida como una herramienta pedagógica estratégica, al proveer material biológico de referencia para prácticas académicas, trabajos de grado y procesos de formación en pregrado y posgrado. La disponibilidad de cepas documentadas y con historial de preservación permite integrar la docencia con la investigación, promoviendo el aprendizaje basado en problemas reales y el desarrollo de competencias en microbiología aplicada, bioseguridad, gestión de colecciones biológicas y buenas prácticas de laboratorio. Este enfoque también responde a las recomendaciones de la WFCC sobre el rol de las colecciones como espacios para la formación técnica y científica de talento humano especializado.

A nivel institucional, el establecimiento del cepario impulsa la construcción y consolidación de capacidades en gestión de recursos biológicos, incluyendo preservación a largo plazo, autenticación taxonómica, documentación técnica, evaluación de riesgos y cumplimiento normativo. La adopción de procedimientos alineados con estándares internacionales fortalece la cultura de calidad, mejora la organización interna de los laboratorios y promueve la capacitación continua del personal técnico y académico. Estas capacidades son fundamentales para garantizar la sostenibilidad de la colección y para posicionar a la Universidad de Cundinamarca como un actor confiable en la gestión responsable de la biodiversidad microbiana.

Desde otra perspectiva institucional, el cepario aporta de manera significativa a los procesos de aseguramiento de la calidad, autoevaluación y acreditación, al evidenciar la existencia de infraestructura científica adecuada, mecanismos de gestión del conocimiento y cumplimiento de estándares técnicos reconocidos internacionalmente. Asimismo, la organización, documentación y proyección de la colección favorecen la visibilidad científica, el registro de cepas en redes y bases de datos especializadas, y la participación en iniciativas nacionales e internacionales de conservación microbiana, aspectos promovidos por la WFCC como elementos clave para el fortalecimiento del impacto científico de las colecciones.

La colección cepario constituye una plataforma de articulación con el sector productivo, al facilitar el acceso a cepas microbianas con potencial aplicación en procesos industriales, agroambientales, alimentarios y biotecnológicos. En concordancia con la WFCC, las colecciones de cultivos actúan como intermediarios entre la investigación y la innovación, permitiendo el desarrollo de servicios, pruebas de concepto, validación de procesos y transferencia de conocimiento. El cepario abre oportunidades para convenios universidad – empresa, prestación de servicios especializados y desarrollo conjunto de soluciones basadas en microorganismos, bajo esquemas de uso responsable y cumplimiento de acuerdos de transferencia de material.

Para proyectos futuros, la colección cepario de bacterias y levaduras establece una base sólida para el desarrollo de proyectos avanzados en áreas emergentes como metagenómica, minería de clústeres de genes biosintéticos (BGC mining), bioprospección funcional y desarrollo de bioproductos. La disponibilidad de cepas bien caracterizadas y trazables permite complementar estudios ómicos, validar funciones biológicas identificadas por aproximaciones moleculares y asegurar la conservación de aislamientos clave derivados de investigaciones futuras. Este enfoque es coherente con la visión de la WFCC, que reconoce a las colecciones como nodos estratégicos para la innovación científica y el aprovechamiento sostenible de los recursos microbianos en el largo plazo.

10. Sostenibilidad del Cepario

La sostenibilidad de la colección cepario de bacterias y levaduras debe fundamentarse en un modelo de gobernanza institucional promovido por la Universidad de Cundinamarca, que ha fortalecido la investigación, articulado a las instancias académicas y administrativas responsables y la gestión de laboratorios, que garantice la toma de decisiones, la asignación de responsabilidades y el compromiso a largo plazo con la conservación de los recursos microbianos. De acuerdo con las recomendaciones de la WFCC, la operación de una colección requiere financiación estable y previsible, destinada a cubrir necesidades básicas como insumos de preservación, mantenimiento de equipos, control de calidad, gestión documental y bioseguridad, evitando la dependencia exclusiva de recursos de corto plazo. La sostenibilidad operativa debe apoyarse en estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo, duplicación de cepas críticas y respaldo de la información asociada, con el fin de minimizar riesgos de pérdida del material biológico. Asimismo, el cepario debe adoptar un enfoque de actualización continua de protocolos, incorporando avances técnicos en preservación, autenticación y documentación, en consonancia con las buenas prácticas internacionales promovidas por la WFCC. Un componente central de esta sostenibilidad es la capacitación permanente del personal técnico, gestores del conocimiento y el aprendizaje / investigadores y creadores de oportunidades, orientada al fortalecimiento de competencias en curaduría de colecciones, bioseguridad y gestión de recursos biológicos, lo que asegura y mantendrá la transferencia de conocimiento, la continuidad operativa y la consolidación del cepario como una infraestructura científica institucional viable y sostenible en el largo plazo. A la fecha, el mantenimiento y sostenimiento del cepario se ha dado a partir del proyecto de investigación 424 de VIII convocatoria interna y se tiene previsto continuar su ampliación y sostenimiento a partir de la ejecución de los proyectos 559 y 579 de la X convocatoria interna UCundinamarca.

11. Conclusiones

La creación y puesta en marcha de la Colección Cepario de Bacterias y Levaduras CBL-UCundinamarca constituye un avance significativo frente al objetivo general planteado, al consolidar una plataforma institucional orientada a la preservación, caracterización, bioprospección y uso académico-científico de microorganismos de interés biotecnológico. A partir de recursos técnicos básicos, pero estratégicamente gestionados, el cepario logró establecer una estructura operativa funcional, alineada con buenas prácticas microbiológicas y directrices internacionales, que permite la conservación responsable de la diversidad microbiana y su integración progresiva a los procesos de investigación y formación de la Universidad de Cundinamarca.

En relación con los objetivos específicos, se avanzó de manera sustancial en la implementación y estandarización de procedimientos técnicos para el aislamiento, identificación, preservación y manejo de microorganismos, así como en la consolidación de un sistema de trazabilidad física y digital que garantiza el seguimiento integral de cada cepa desde su origen hasta su uso académico o investigativo. De igual forma, se establecieron condiciones claras de bioseguridad, control de calidad y mantenimiento, acordes con la capacidad operativa del cepario, asegurando la integridad, viabilidad y estabilidad de las cepas conservadas. Estos logros evidencian que es posible construir infraestructura científica de calidad aun en contextos de recursos limitados, siempre que exista claridad metodológica, compromiso institucional y alineación con estándares reconocidos.

El CBL-UCundinamarca representa un valor institucional estratégico al constituirse como el primer esfuerzo formal de la Universidad de Cundinamarca para la conservación ex situ de microorganismos con potencial biotecnológico. Su implementación fortalece la capacidad investigativa de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, amplía las oportunidades de formación práctica para estudiantes de pregrado y posgrado, y contribuye a la consolidación de nuevas líneas de investigación, particularmente en áreas como la microbiología aplicada, la bioprospección y la innovación agrobiotecnológica. Asimismo, el cepario se proyecta como un espacio articulador entre docencia, investigación y extensión, favoreciendo la transferencia de conocimiento y la generación de productos académicos de alto impacto.

Así, la proyección del CBL-UCundinamarca como plataforma estratégica institucional está asociada al fortalecimiento progresivo de su infraestructura, a la aprobación de nuevos proyectos de investigación internos y externos, y a la consolidación de alianzas académicas que amplíen su alcance. A mediano y largo plazo, el cepario se perfila como

un recurso clave para el desarrollo de trabajos de grado, publicaciones científicas y procesos de innovación, contribuyendo de manera sostenida al posicionamiento de la Universidad de Cundinamarca como un actor relevante en el ámbito de la investigación microbiológica y biotecnológica regional y nacional.

Referencias

Díaz-Rodríguez, A. M., Salcedo Gastelum, L. A., Félix Pablos, C. M., Parra-Cota, F. I., Santoyo, G., Puente, M. L., Bhattacharya, D., Mukherjee, J., & de los Santos-Villalobos, S. (2021). The current and future role of microbial culture collections in food security worldwide. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 4*, Article 614739. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.614739

De Vero, L., Boniotti, M. B., Budroni, M., Buzzini, P., Cassanelli, S., Comunian, R., Gullo, M., Logrieco, A. F., Mannazzu, I., Musumeci, R., Perugini, I., Perrone, G., Pulvirenti, A., Romano, P., Turchetti, B., & Varese, G. C. (2019). Preservation, characterization and exploitation of microbial biodiversity: The perspective of the Italian network of culture collections. *Microorganisms, 7*(12), 685. https://doi.org/10.3390/microorganisms7120685

De Vero, L., & Giudici, P. (2013). Significance and management of acetic acid bacteria culture collections. *Acetic Acid Bacteria, 2*(s1), e9. https://doi.org/10.4081/aab.2013.s1.e9

González, D. M., & Jiménez, J. N. (2013). Colecciones microbianas: Importancia, establecimiento y regulación. *Hechos Microbiológicos, 4*(1), 23–33.

Maridueña-Zavala, M. G., Quevedo, A., Aguaguiña, K., Serrano, L., & Sosa, D. (2021). Colección de cultivos microbianos CIBE (CCM-CIBE): Una colección para la investigación. *Revista Bionatura, 6*(1), 1664–1673. https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.32

Montes de Oca, N., González, R. A., Riverón, Y., Núñez, A., Villoch, A., & Rodríguez, N. (2008). Establecimiento y desarrollo de la colección de cultivos del CENSA. *Revista de Salud Animal, 30*(1), 17–24.

Uruburu, F. (2003). History and services of culture collections. *International Microbiology, 6*, 101–103. https://doi.org/10.1007/s10123-003-0115-2

World Federation for Culture Collections. (2010). *WFCC guidelines for the establishment and operation of collections of cultures of microorganisms* (3rd ed.). WFCC.

World Federation for Culture Collections, World Data Centre for Microorganisms, & TRUST. (2015). *Submission to the Convention on Biological Diversity concerning decision CBD/NP/MOP/DEC/2/10*. WFCC.

Da Silva, M., & Romero Sá, M. (2016). Coleções vivas: As coleções microbiológicas da Fundação Oswaldo Cruz. *Museologia & Interdisciplinaridade, 5*(9), 176–194.

12. Anexos

En el siguiente enlace se encuentran disponibles los **soportes técnicos y documentales** asociados al **informe de consolidación de la Colección Cepario de Bacterias y Levaduras para Biotecnología y Bioprospección de la Universidad de Cundinamarca**, los cuales incluyen:

1. **Listado completo y actualizado de las cepas** conservadas en el cepario, con corte al **19 de diciembre de 2025**.
2. **Repositorio fotográfico** con los registros de caracterización macroscópica y microscópica de los aislamientos disponibles a la fecha.
3. **Fichas técnicas de las cepas**, que incluyen el archivo maestro en formato Excel con el estado de los aislamientos y el formulario digital de ingreso al cepario https://forms.office.com/r/gLdcrX7dVv
4. **Manual de Operación del Cepario (SOP)** en formato PDF, que describe los procedimientos estandarizados para la gestión, preservación y uso de los microorganismos.