

ENSAYO EXPERIMENTAL BASADO EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN
ENZIMÁTICA DEL HONGO PENICILLIUM SP Y SU POTENCIAL EN LA
ENSEÑANZA INTERDISCIPLINAR A PARTIR DEL MANEJO DE VARIABLES EN
ESTUDIOS BIOLÓGICOS DE LABORATORIO

DIEGO FRANCISCO NIETO DUARTE
JORGE LUÍS BERNAL BERNAL



**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL**

Educadora de educadores

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN BIODIVERSIDAD, BIOTECNOLOGÍA Y
CONSERVACIÓN
BOGOTÁ, D. C., COLOMBIA
2018

ENSAYO EXPERIMENTAL BASADO EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN
ENZIMÁTICA DEL HONGO PENICILLIUM SP Y SU POTENCIAL EN LA
ENSEÑANZA INTERDISCIPLINAR A PARTIR DEL MANEJO DE VARIABLES EN
ESTUDIOS BIOLÓGICOS DE LABORATORIO

DIEGO FRANCISCO NIETO DUARTE
JORGE LUÍS BERNAL BERNAL

Trabajo de Grado
Requisito para optar al Título de
Licenciado en Biología

Gabriel Hernando Cadavid Marín
Magister en Ingeniería – Ingeniería Química
Director del Proyecto de Grado

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN BIODIVERSIDAD, BIOTECNOLOGÍA Y
CONSERVACIÓN
BOGOTÁ, D. C., COLOMBIA
2018

Nota de Aceptación

DIRECTOR

Jurado 1

Jurado 2

Bogotá, D. C., Colombia. 15 de mayo, 2018

DEDICATORIA

La dedicatoria del presente Trabajo se divide en tres partes. En primer lugar, a Dios, quien ha conocido todos los pasos dados, los esfuerzos, las debilidades, a lo largo de la carrera y de todo lo que he vivido.

A mi madre, que ha estado acompañando y apoyando a lo largo de las distintas etapas desde niño, con su comprensión y cariño permanentes. Finalmente, y con algo de nostalgia, a quien, aunque ya no se encuentre a mi lado ni forme ahora parte de mi vida, en su momento fue la mayor inspiración, la más grande motivación y el motivo de sonrisas en momentos que no volverán, pero conservados siempre en mis recuerdos.

D. F. Nieto

Dedicado a mis padres por su apoyo constante.

J. L. Bernal

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a nuestras familias que estuvieron presentes a lo largo de todo el proceso educativo siendo testigos de cuánto se ha dado por alcanzar este logro.

A la Universidad Pedagógica Nacional, por ser el templo de instrucción y crecimiento como Maestros; por las enseñanzas, por los desafíos, por los aprendizajes y por las vivencias y experiencias adquiridas a lo largo de la Carrera. Y por ser recordada siempre como nuestra *Alma mater*, Educadora de Educadores.

A los Maestros del Departamento de Biología por todo su acompañamiento académico y personal. A la profesora Silvia Gómez, la profesora Ligia Marlén Forero y el profesor Guillermo Chona por su orientación durante el establecimiento del ensayo experimental y la intervención pedagógica, respectivamente. De manera especial, a nuestro Director de Trabajo de Grado, el profesor Gabriel Cadavid por su entrega, guía, comprensión y confianza durante toda la elaboración del presente documento.

A los integrantes del personal del DBI, Jeisson González y John Vanegas, por su ayuda en la elaboración de este Proyecto; y de manera sobresaliente, al Biólogo Ricardo Martínez, laboratorista del Departamento, por toda su disponibilidad, confianza, entrega, apoyo y principalmente por su amistad.

A los amigos de nuestra cohorte 2013-II, que han ido avanzando junto con nosotros durante estos cinco años de formación profesional. A Natalia Morales y Melissa Arriero por su ayuda en el proceso experimental. A los estudiantes del Eje Curricular Diversidad 2018-I, por su disposición y colaboración.

 UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL <i>Formación de Educadores</i>	FORMATO	
RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE		
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	

1. Información General	
Tipo de Documento	Trabajo de Grado.
Acceso al Documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central.
Título del Documento	Ensayo experimental basado en el crecimiento y producción enzimática del hongo <i>Penicillium sp</i> y su potencial en la enseñanza interdisciplinar a partir del manejo de variables en estudios biológicos de laboratorio.
Autores	Nieto Duarte, Diego Francisco; Bernal Bernal, Jorge Luís.
Director	Cadavid Marín, Gabriel Hernando.
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018. 124 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Clave	MONOSACÁRIDO; METABOLISMO; BIOTECNOLOGÍA; EXPERIMENTO; <i>Penicillium sp</i> ; CONSTRUCTIVISMO.

2. Descripción
El presente documento consiste en un Trabajo de Grado para optar al Título de Licenciado en Biología, donde se describe la construcción de un ensayo experimental en el que se recurrió a la medición del crecimiento y producción enzimática del microhongo <i>Penicillium sp</i> como una estrategia para potenciar las habilidades procedimentales de laboratorio, el análisis y manejo de variables en estudios de orden científico a través de la integración de conocimientos procedentes de distintos campos del saber, como son la Biología, la Bioquímica, la Pedagogía y Didáctica, la Biotecnología, las Matemáticas, entre otras. De este modo, se llevó a cabo la preparación total de 180 medios de cultivo con las variaciones descritas a lo largo del documento, modificando los protocolos y

describiéndolos en detalle para hacerlos más accesibles a las condiciones promedio de las distintas Instituciones Educativas donde podrían ejercer los futuros Licenciados teniendo en cuenta una visión holística de la ciencia.

3. Fuentes

Para la elaboración de los distintos capítulos del presente Trabajo de Grado se consultaron un total de 67 referencias bibliográficas en las que se trataran las temáticas bioquímicas, biológicas, biotecnológicas, pedagógicas, didácticas y procedimentales.

1. Angulo, F., & García, M. (1997). Aprender a enseñar ciencias: una propuesta basada en la autorregulación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1(0), 1-7.
2. Anónimo. (2017). Cómo disolver el ácido benzoico. Recuperado de <http://www.cusiritati.com/AZmO2nZ30/>
3. Antokoletz, A. F. G., Sarmiento, M. Á., Gaetan, R. A., Guzmán, M. C., & Carrera, M. F. (2014). *Biotecnología: entre Células, Genes e Ingenio Humano*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Educación de la Nación.
4. Aquiahuatl Ramos, M. (2013). Manual de Prácticas Laboratorio MICROBIOLOGÍA GENERAL. 4th ed. México D.F.: Ariel, pp 5-183.
5. Arana, I., Orruño, M., & Barcina, I. (2012). Cómo Abordar y Resolver Aspectos Prácticos de Microbiología. Departamento Inmunología, Microbiología y Parasitología Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.
6. Arnal, J., Del Rincón, D., & Latorre, A. (1992). Investigación Educativa. Fundamentos y Metodologías. Barcelona: Labor. España.
7. Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. (2013). Evolución y diversidad de la vida. En T. Audesirk, G. Audesirk, & B. E. Byers, *Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología*. (9 ed., pág. 970). México: Pearson Educación de México, S .A de C.V.
8. Barbosa Cunha, J., Castro Pires dos Santos, F., do Val de Assis, F., & Lopes Leal, P. (2016). Cultivo de Penicillium spp. em resíduos da colheita de soja para produção de celulase, protease e amilase. *Revista Ceres*, 63 (5), 597-604.
9. Bender, D. A. (2010). Carbohidratos importantes desde el punto de vista fisiológico. En R. K. Murray, D. A. Bender, K. M. Botham, P. J. Kennelly, V. W. Rodwell, & P. A. Weil. (Ed.), *HARPER Bioquímica Ilustrada* (28ª ed., pág. 687). México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V. A Subsidiary of the McGraw-Hill Companies, Inc.
10. Brilla, E., Schosinsky, K., Esquivel, M., & Chavarría, M. (1977). Cuantificación de la glucosa por el método de la O-Toluidina. *Act. Méd. Costo* 20, 18 – 23.
11. Brunner, J. (1984). *Acción, pensamiento y lenguaje*. 2ª ed. Alianza psicología, pp.1-187.
12. Bunge, M. (2004). *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Siglo XXI Editores, S.A. de C.V. México. Recuperado de <https://books.google.com.co/>
13. Calero, M. (2009). *Aprendizaje sin límites: Constructivismo*. 1st ed. México DF: ALFAOMEGA, pp.1-89.

14. Cao, C.; Li, R.; Wan, Z.; Liu, W.; Wang, X.; Qiao, J.; Wang, D.; Bulmer, G., & Calderone, R. (2007). The effects of temperature, pH, and salinity on the growth and dimorphism of Penicillium marneffeii. *Medical Mycology*, 45(8), 401-407. doi: 10.1080/13693780701358600
15. Carey, Francis. (2006). *Química Orgánica*. Sexta edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V. A Subsidiary of The McGraw-Hill Companies, Inc. México
16. Carrillo, L. (2003). Penicillium. *Los Hongos de los Alimentos y Forrajes* (pp. 61-69). Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.
17. Castro, A., & Valbuena, E. (2007). ¿Qué Biología Enseñar y Cómo Hacerlo? Hacia una Resignificación de la Biología Escolar. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, (22), 126-145.
18. Chaparro, D., & Rosas, D. (2006). *Aislamiento y Evaluación de la actividad enzimática de hongos descomponedores de madera en la reserva natural la montaña del ocaso, Quimbaya-Quindío* (tesis de pregrado). Pontifica Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia.
19. Cruz, N., Castellanos, D., & Argüello, H. (2009). Degradación de celulosa y xilano por microorganismos aislados de dos tipos de compost de residuos agrícolas en la Sabana de Bogotá. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(2), 237-249.
20. Dobles, M., Zúñiga, M., & García, J. (1996). Investigación en Educación. Procesos, interacciones, construcciones. San José, C.R.: EUNED. Costa Rica.
21. Escobar, J., Rúa, D., Silva, E., Venturini, O., & Mambeli, R. (2014). Procesos Biológicos de Conversión. En J. M. Rincón, & E. E. Silva. *Bioenergía: Fuentes, Conversión y Sustentabilidad*. Editorial Corporación EMA. Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Producción de Energía. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://books.google.es/>
22. Feduchi Canosa, Elena.; Blasco Castiñeyra, Isabel.; Romero Magdalena, Carlos Santiago & Yáñez Conde, Esther. (2010). *Bioquímica. Conceptos esenciales*. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.
23. Flores, J., Caballero, M., & Moreira, M. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación* 68(3), 75-112.
24. Flórez, R. (2005). *Pedagogía del conocimiento*. Antioquia: MC GRAWN HILL, pp.1-265.
25. Freeman, S. (2009). *Biología* (3 ed.). (E. G. Arial, Trad.) Madrid, España: Pearson Educación S.A.
26. Galagovsky, L., & Adúriz Bravo, A. (2001). Modelos y Analogías en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. El Concepto de Modelo Didáctico Analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
27. García Martos, P., Fernández del Barrio, M., & Paredes Salido, F. (1997). Cultivo de bacterias. *Microbiología clínica aplicada*. 3ª edición. Madrid: Díaz de Santos. p. 31
28. Goldman, E., & Green, L. (2015). *Practical handbook of microbiology*. 3ª edición. Taylor and Francis Group. Nueva York: CRC Press. p. 18. Recuperado de <https://www.worldcat.org/title/practical-handbook-of-microbiology/oclc/910247156/viewport>.

29. Golombek, D. (2008). *Aprender y Enseñar Ciencias: Del laboratorio al Aula y Viceversa*. Fundación Santillana. IV Foro Latinoamericano de Educación. Aprender y Enseñar Ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades. Buenos Aires, Argentina.
30. Gómez Tique, D., & Cubillos Sandoval, Y. (2014). *Biodegradación de Residuos Orgánicos Mediante la Aplicación de Microhongos del Cepario del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Pedagógica Nacional* (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Biología. Bogotá, Colombia.
31. Granés, J., & Caicedo, L. (1997). Del Contexto de la Producción de Conocimientos al Contexto de la Enseñanza. *Revista Colombiana de Educación*, (34).
32. Horton, H. Robert.; Moran, Laurence.; Scrimgeour, K. Gray.; Perry, Marc & Rawn, J. David. (2008). *Principios de bioquímica*. Cuarta edición. Pearson educación. México.
33. Laguna, José.; Piña, Enrique.; Martínez Montes, Federico.; Pardo Vásquez, Juan Pablo & Riveros Rosas, Héctor. (2009). *Bioquímica de Laguna*. Editorial Manual Moderno.
34. Ledesma, M. (2014). *Análisis de la Teoría de Vygotsky para la Reconstrucción de la Inteligencia Social*. Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
35. López Flores, A., Luna Urban, C., Buenrostro Figueroa, J., Hernández Martínez, R., Huerta Ochoa, S., Escalona Buendía, H., Aguilar González, C., & Prado Barragán, L. (2016). Efecto del pH, Temperatura y Fuente de Proteína y Carbohidratos en la Producción de Proteasas por *Yarrowia lipolytica* en Cultivo Sólido. Publicado por la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(1), 57-67.
36. Luque, J. (1989). Efectos de la temperatura, medio de cultivo y pH en el crecimiento colonial de *Diplodia mutila* Fr. apud Mont. *Anales Jará. Bot. Madrid* 46(1): 21S-221.
37. Madigan, M. T., Martinko, J. M., Dunlap, P. V., & Clark, D. P. (2009). Biología celular y microorganismos eucariotas. En M. T. Madigan, J. M. Martinko, P. V. Dunlap, & D. P. Clark, *Brock. Biología de Microorganismos* (12 ed., pág. 1296). España: PEARSON EDUCACION S.A.
38. Martín, C., Campo, J., García, A., & Wehrle, A. (1992). *Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Ediciones RIALP, S.A. Madrid, España. Recuperado de <https://books.google.com.co/>
39. Martínez Boom, A. (2012). *Verdades y Mentiras sobre la Escuela. 1st ed.* Bogotá: Editorial Jotamar Ltda., pp.1-78.
40. Mathews, Cristopher K.; Van Holde, K.E. & Ahern, Kevin. (2002). *Bioquímica. Tercera edición*. Pearson educación, S.A. Madrid, España.
41. McKee, Trudy & McKee, James. (2003). *Bioquímica: la base molecular de la vida. Tercera edición*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V. A Subsidiary of the McGraw-Hill Companies, Inc. México.
42. McMurry, John. (2008). *Química Orgánica. 7ª edición*. Thomson/Brooks/Cole (Versión en inglés). Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc. México D.F.
43. Muñoz de Malajovich, M. A. (2012). *Biotecnología* (2ª ed.). Quilmes, Argentina: Universidad Nacional de Quilmes Editorial. Bernal.
44. Nelson, D., & Cox, M. (2005). *Lehninger. Principios de Bioquímica. Cuarta edición*. Editorial OMEGA.

45. Neymeyer, G. (1996). *Evaluación constructivista*. 2ª ed. Cincinnati: PAIDOS IBERICA, pp.78-210.
46. Nieves, E., & Ortiz, G. (2015). *La Investigación Escolar como Actividad Promotora de Capacidades Investigativas. Ejemplo de Aplicación: Extracción de una Sustancia Anti-Fúngica de la Cáscara de Plátano* (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Química. Bogotá, Colombia.
47. Ocelli, M. (2013). Enseñar Biotecnología en la Escuela: Aportes y Reflexiones Didácticas. *Revista Boletín Biológica*, (27), 9-13.
48. Ovando Chacón, S., & Waliszewski, K. (2005). Preparativos de celulasas comerciales y aplicaciones en procesos extractivos. *Universidad y Ciencia*, 21 (42), 113-122.
49. Páez Carvajal, R. (2014). *Producción de Celulasas a partir de Microhongos del Cepario del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Pedagógica Nacional* (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Biología. Bogotá, Colombia.
50. Peña Maravilla, M., Calixto Romo, M., Guillén Navarro, K., Sánchez, J., & Amaya Delgado, L. (2017). Cellulases and Xylanases Production by Penicillium citrinum CGETCR Using Coffee Pulp in Solid State Fermentation. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(3), 757-769.
51. Pérez Tornero, J., & Pi, M. (2014). *Tecnología y Pedagogía en las Aulas*. 1ª ed. Valencia: Perspectivas, pp.4-121.
52. Prescott, L. M., Harley, J. P., & Klein, D. A. (2002). *La diversidad del mundo microbiano*. En L. M. Prescott, J. P. Harley, & D. A. Klein, Microbiología (5 ed., pág. 1240). España: McGRAW-HILL-INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
53. Roa, R. (2011). Didáctica de la Biotecnología en la Escuela. *Bio-grafía Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. Edición Extra-Ordinaria. Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. pp. 333-341.
54. Roa, R., & Valbuena, E. (2013). Incursión de la Biotecnología en la Educación: Tendencias e Implicaciones. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(2), 156-166.
55. Roa, R., García, Y., & Chavarro, C. (2008). Formación de Profesores de Biología a través de la Biotecnología. *Educación y Educadores*, 11(2), 69-88.
56. Rodríguez Guerra, A., Soria, C., Barnes, C., Ordoñez, M., & Salazar, A. (2012). Identificación y Evaluación de algunos hongos con actividad celulásica aislados en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*. Octubre 2012. doi: 10.26807/remcb.v33i1-2.224
57. Solomon, Eldra.; Berg, Linda & Martin, Diana. (2013). *Biología. Novena edición*. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una compañía de Cengage Learning, Inc. México
58. Soussan, G. (2003). *Enseñar las ciencias experimentales. Didáctica y Formación*. Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
59. Starr, Cecie.; Taggart, Ralph.; Evers, Christine & Starr, Lisa. (2009). *Biología. La unidad y la diversidad de la vida. 12a. edición*. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una compañía de Cengage Learning, Inc. México

60. Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2010). *Introducción a la Biotecnología* (2ª ed.). Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
61. Torres, H. (S.F.). *Biotecnología*. Buenos Aires, Argentina: Dirección General de Investigación y Desarrollo. Recuperado de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/torres.pdf>.
62. Valbuena, E. (2017). Contribución al Desarrollo de la Biotecnología Desde la Educación en los Niveles de la Básica y Media. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 0(4). doi: <http://dx.doi.org/10.17227/ted.num4-5695>. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, (4). 1998. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
63. Vázquez, I. (2011). Aplicación de teorías constructivistas al uso de actividades cooperativas en la clase de E/LE. *RedELE revista electrónica de didáctica / español lengua extranjera*, (21). Recuperado de <https://www.mecd.gob.es/dam/jcr:8439dfd7-22bb-4d9c-a7bb-1c48d57ed949/2011-redele-21-08vazquez-pdf.pdf>
64. Vieira Silva Bomtempo, F., Mantovani Santin, F., Sanzio Pimenta, R., de Oliveira, D., & Guarda, E. (2017). Production of cellulases by *Penicillium oxalicum* through solid state fermentation using agroindustrial substrates. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 39 (3), 321-329.
65. Yurkanis Bruice, Paula. (2007). *Fundamentos de Química Orgánica*. Pearson Educación. México.
66. Yurkanis Bruice, Paula. (2008). *Química Orgánica. Quinta Edición*. Pearson Educación. México.
67. Zuluaga, O. (1999). *Pedagogía e Historia*. 19ª ed. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia, pp.2-47.

4. Contenidos

Este Trabajo de Grado se enfatiza en el análisis de la construcción de un Ensayo Experimental como potenciador en el proceso de enseñanza del manejo de variables en estudios científicos, teniendo en cuenta que de esta manera se puede hacer una importante integración interdisciplinar para proporcionar una visión más completa y holística del mundo y las problemáticas que se estudian, fomentando en los Maestros en Formación la motivación por el proceso de enseñanza, reconociendo al Licenciado en Biología como un ente con conocimientos complejos capaz de hacerlos cercanos a sus estudiantes a través de la innovación y la didáctica propia de las ciencias experimentales.

En ese orden de ideas, el documento se organiza partiendo de la Introducción, donde se hace mención *grosso modo* de lo que tratará todo el trabajo realizado, seguida de la Definición del Problema, en la que se presenta, se describe y se formula la problemática, acompañándola de 19 Antecedentes que se ajustan desde los distintos ámbitos explorados en el Proyecto; más adelante se muestra la Justificación, mencionando la importancia y pertinencia del mismo; completando esta sección con los Objetivos que se buscó alcanzar al finalizar el proceso.

La revisión para el Marco Teórico se llevó a cabo de manera detallada dividiendo este en cinco principales aspectos: Pedagógico, Bioquímico, Biológico, Biotecnológico y Didáctico. De tal modo que se evidencie un seguimiento ordenado del conocimiento requerido para el éxito de la aplicación del Trabajo de Grado, visibilizando párrafo a párrafo los autores que se consultaron y enriqueciendo el texto con figuras y tablas extraídas, adaptadas o basadas en textos de orden académico.

En el capítulo de Metodología se describen algunos Métodos generalmente usados para la medición del crecimiento de microorganismo, momento en el cual se exploran las razones para escoger los que se utilizaron, esto junto con el siguiente apartado donde se describe paso a paso la parte Procedimental, tanto desde lo biológico como lo pedagógico, a fin de que el lector encuentre en ello un protocolo y una descripción en detalle de cómo y por qué se desarrolló de determinada manera cada etapa. Asimismo, se incluyen el Planteamiento de la Hipótesis, Muestra, Instrumentos, Población, Variables e Indicadores, junto con la descripción del Estudio Piloto, donde se probó que todo lo que se proponía alcanzar era viable, y el Tipo de Estudio, explicitando la metodología, el enfoque y el paradigma en los cuales se fundamentó el documento.

Finalmente, se presentan los Resultados y Discusión donde de evidencian en tablas o matrices los datos registrados y se especula, con base en los conocimientos adquiridos a lo largo de la Carrera, las razones del porqué de estos. Posteriormente se encuentran las Conclusiones y Recomendaciones a las que se llegan una vez terminado este recorrido de aprendizaje y enseñanza. Al concluir el documento se encuentran la Bibliografía completa y los 3 Anexos con lo que se brinda una visión absoluta de todo lo desarrollado.

5. Metodología

Las bases metodológicas investigativas en las que se fundamenta el presente Trabajo de Grado se adscriben al Paradigma Interpretativo, en el que se reconoce la relevancia de la actividad comprensiva de la realidad; un Enfoque Mixto, donde se resaltan tanto los resultados cualitativos como los cuantitativos; esto a través de la metodología de Estudios de Caso usando como estrategia de apropiación conceptual a la Experimentación.

De este modo, se escogió la muestra del hongo *Penicillium sp* por su fácil adquisición en el Cepario del Departamento de Biología, siendo este un organismo seguro para trabajar, tanto con estudiantes universitarios como con escolares. La Población fue el cuerpo estudiantil del Eje Curricular Diversidad 2018-I que cursan actualmente el componente de Química Analítica; esta decisión se tomó gracias a la disponibilidad del Profesor, (siendo director de este trabajo, la importancia de complementar conocimientos que, debido a dinámicas internas de la Universidad, se vieron dificultados durante el semestre

inmediatamente anterior y la relevancia de que los futuros licenciados integren el conocimiento de distintas áreas a fin de que sean excelentes profesionales de la educación.

Dentro del ámbito procedimental, se elaboraron 45 medios de cultivo adicionando 5 monosacáridos diferentes y variando el pH hacia la acidez y la basicidad. Una vez comprobado que era viable el crecimiento en tales condiciones. Posteriormente, se elaboraron 9 más adicionados con Glucosa a 3 pH, también como parte del Estudio Piloto, para confirmar que fuese posible hacer un conteo y evidenciar una diferenciación. Así pues se elaboraron 54 medios en PDA para el estudio principal, usando los 5 azúcares simples, 3 pH y una muestra control, todos por triplicado. Debido a que en este Ensayo no fue posible cuantificar la producción enzimática, se requirieron otros 54 medios, esta vez en medio líquido con Extracto de Malta, con las mismas variaciones para obtener resultados en esa parte del proceso. De igual forma, se elaboraron 18 medios extra usando Glucosa, Xilosa y Fructosa a 3 pH, para utilizarlos durante la Intervención Pedagógica con los futuros licenciados. De este modo, para la elaboración final de este documento, se requirieron 180 medios de cultivo; sin contar 12 más que fueron preparados por algunos estudiantes con la guía de los Maestros Encargados.

De tal modo, se hicieron 5 mediciones mediante el conteo de UFC y el Área de Dispersión, con el fin de obtener una curva de crecimiento; y mediante el peso de la Biomasa se obtuvo un dato definitivo final. La producción enzimática fue medida a través del espectrofotómetro al tener en cuenta la degradación de celulosa en unidades de glucosa y reaccionando esta con el reactivo O-Toluidina, de tal forma que se registraron los datos de Transmitancia arrojaron por el dispositivo.

Por cuanto se refiere al ámbito pedagógico, se realizaron dos intervenciones durante las cuales se tomaron ideas previas, se elaboraron modelos, se impartió una clase catedrática conceptual y se llevó a cabo un laboratorio con los Maestros en Formación. Con eso en mente, los Instrumentos investigativos utilizados fueron una Guía de Actividades y una Guía de Laboratorio, así como tablas, gráficas y matrices para el registro de datos y la presentación de resultados.

Así pues, gracias a las respuestas dadas en clase, las estructuras realizadas por los estudiantes, la argumentación, la resolución de los *Casos Problema*, tanto como por los Informes de Laboratorio, fue posible obtener los datos que aportaban al presente documento, cuantificando el porcentaje que alcanzaba una construcción de conocimientos a través de la Experimentación.

6. Conclusiones

A través de esta investigación se concluyó que la Experimentación presenta un gran potencial en la enseñanza del manejo de variables debido a que facilitó el desarrollo de una actitud investigativa y problematizadora permitiendo la inferencia de hipótesis posteriormente comprobables en laboratorio.

El ensayo experimental y su implementación como medio didáctico otorgaron evidencias de ser útiles en tanto permitieron la configuración de un saber más profundo en la enseñanza de la biotecnología y sus problemáticas tanto procedimentales como conceptuales, a la vez que resultan bastante eficientes en términos de afianzamiento de los aprendizajes convirtiéndolos en significativos.

Los distintos métodos utilizados para las mediciones presentan diferentes ventajas y desventajas a la hora del registro de datos. De este modo, el conteo por UFC resulta útil para grados de esporulación; el Área de Dispersión es ventajoso si se desea estudiar el incremento de una colonia en particular; y el peso por Biomasa otorga una cuantificación más exacta del crecimiento total de un microhongo. Del mismo modo, teniendo en cuenta la Transmitancia registrada, podría *deducirse* que, gracias a un registro de datos promedio, la Arabinosa en medio básico *podría* beneficiar la producción de enzima celulolítica. No obstante, esto está sujeto a interpretaciones, efectividad en los compuestos, instrumentos y métodos utilizados.

Desde una visión pedagógica y didáctica, es importante evaluar los recursos con que cuenta cada institución educativa para de esta manera poder modificar los protocolos existentes, haciendo más fácil llevar las prácticas de laboratorio al ámbito escolar, acercando de esta manera a los estudiantes a una serie de conocimientos en los que el maestro actúe como tal a la hora de enseñar y no sólo transmitir saberes.

Elaborado por	Nieto Duarte, Diego Francisco; Bernal Bernal, Jorge Luís.
Revisado por	Cadavid Marín, Gabriel Hernando

Fecha de la elaboración del Resumen	07	05	2018
--	-----------	-----------	-------------

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	01
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	03
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	03
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	03
1.3. ANTECEDENTES	05
1.3.1. ANTECEDENTES DISCIPLINARES	05
1.3.2. ANTECEDENTES PEDAGÓGICOS	09
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1. MARCO PEDAGÓGICO	16
4.1.1. GENERALIDADES DEL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL	16
4.1.1.1. Fundamento Teórico	16
4.1.1.2. Realidad Educativa	16
4.1.2. ACTORES DEL FENÓMENO EDUCATIVO SEGÚN ESTE MODELO	17
4.1.2.1. Maestro	17
4.1.2.2. Estudiante	18
4.1.3. EVALUACIÓN EN EL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL	19
4.2. MARCO DISCIPLINAR BIOQUÍMICO	20
4.2.1. GENERALIDADES DE LOS MONOSACÁRIDOS	20
4.2.2. MODIFICACIONES DE MONOSACÁRIDOS EN LAS CÉLULAS	27
4.2.2.1. Oxidaciones	27
4.2.2.2. Reducciones	29
4.2.2.3. Esterificaciones	29
4.2.2.4. Aminoazúcares	30

4.2.3. METABOLISMO CELULAR DE MONOSACÁRIDOS	30
4.2.3.1. Glucólisis	30
4.2.3.1.1. Fase preparativa	30
4.2.3.1.2. Fase de Rendimiento Energético	31
4.2.3.1.3. Puntos Regulados de la Glucólisis	33
4.2.3.1.4. Entrada de otros Monosacáridos en la Ruta Glucolítica	34
4.2.3.2. Gluconeogénesis	34
4.3. MARCO DISCIPLINAR BIOLÓGICO	36
4.3.1. HONGO	36
4.3.1.1. Nutrición y Fisiología	36
4.3.1.2. Importancia Biológica y Médica	37
4.3.1.3. Filogenia de los Hongos	38
4.3.1.4. Phylum Ascomycota	39
4.3.1.4.1. Género <i>Penicillium</i>	42
4.3.1.5. Relaciones Ecológicas	43
4.4. MARCO DISCIPLINAR BIOTECNOLÓGICO	44
4.4.1. BIOTECNOLOGÍA	44
4.4.1.1. Interdisciplinariedad de la Biotecnología	46
4.4.2. APORTES PEDAGÓGICOS Y DIDÁCTICOS	49
4.5. MARCO DIDÁCTICO	51
4.5.1. EXPERIMENTACIÓN	51
5. METODOLOGÍA	53
5.1. MÉTODOS	53
5.1.1. MÉTODOS BIOLÓGICOS	53
5.1.1.1. Espectrofotometría	53
5.1.1.2. Cámara de Neubauer	53
5.1.1.3. Peso Seco	53
5.1.1.4. Conteo por UFC	54
5.1.1.5. Área de Dispersión	55
5.1.2. MÉTODOS PEDAGÓGICOS	56
5.1.2.1. Guía Experimental de Clase	56

5.1.2.2. Guía de Laboratorio	56
5.2. METODOLOGÍA PROCEDIMENTAL	57
5.2.1. PREPARACIÓN DE MEDIOS Y SIEMBRA DEL MICROHONGO	57
5.2.2. MEDICIONES DE CRECIMIENTO	60
5.2.3. MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENZIMA CELULASA	62
5.2.4. INTERVENCIÓN DIDÁCTICA	65
5.3. PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DE LA HIPÓTESIS	68
5.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	68
5.3.2. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO BIOTECNOLÓGICO	68
5.4. VARIABLES E INDICADORES	68
5.5. POBLACIÓN	69
5.6. MUESTRA	69
5.7. INSTRUMENTOS Y MATERIALES	70
5.8. ESTUDIO PILOTO	76
5.9. TIPO DE ESTUDIO	78
5.9.1. PARADIGMA	78
5.9.2. ENFOQUE	79
5.9.3. MÉTODOS DIDÁCTICOS Y DE APROPIACIÓN CONCEPTUAL	79
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
6.1. RESULTADOS Y DISCUSIONES DEL CRECIMIENTO FÚNGICO	80
6.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENZIMÁTICA	89
6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN A NIVEL DIDÁCTICO	91
6.3.1. GUÍA DE ACTIVIDADES	91
6.3.1.1. Contenido Bioquímico	91
6.3.1.2. Manejo de Variables	92
6.3.2. PRÁCTICA DE LABORATORIO	93
7. CONCLUSIONES	95
8. RECOMENDACIONES	97
9. BIBLIOGRAFÍA	98
10. ANEXOS	103

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 4.1. Monosacáridos como aldosas o cetosas.	20
Figura 4.2. Tres compuestos formados por C, H y O.	21
Figura 4.3. Estructura de los ocho monosacáridos esenciales para seres humanos.	22
Figura 4.4. Visión de las rutas biosintéticas de los ocho monosacáridos esenciales.	24
Figura 4.5. Configuración de la serie D de aldosas que contienen de tres a seis átomos de carbono.	25
Figura 4.6. Diferentes modificaciones de Monosacáridos.	28
Figura 4.7. Reacciones y fases de la ruta glucolítica.	32
Figura 4.8. Pasos de la Glucólisis enfrentados a los de la Gluconeogénesis.	35
Figura 4.9. Filogenia Fúngica.	38
Figura 4.10. Árbol filogenético de los phyla de hongos.	39
Figura 4.11. Ciclo vital Ascomycota.	40
Figura 4.12. Ciclo de vida detallado de un ascomiceto común incluyendo reproducción sexual y asexual.	41
Figura 4.13. Aspecto de penicilios.	42
Figura 4.14. Árbol de la biotecnología.	46
Figura 5.1. Cuadrícula utilizada para la medición por área de dispersión.	55
Figura 5.2. Fases de Desarrollo de la Guía Escolar.	56
Figura 5.3. Escala Internacional de Colores Pantone.	60
Figura 6.1. Gráfica lineal del Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Unidad Formadora de Colonia en pH ácido.	81
Figura 6.2. Gráfica lineal del Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Unidad Formadora de Colonia en pH neutro.	81
Figura 6.3. Gráfica lineal del Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Unidad Formadora de Colonia en pH básico.	82
Figura 6.4. Gráfica lineal del Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Área de Dispersión en pH ácido.	84
Figura 6.5. Gráfica lineal del Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Área de Dispersión en pH neutro.	85
Figura 6.6. Gráfica lineal del Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Área de Dispersión en pH básico.	87
Figura 6.7. Diagrama de barras del Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Biomasa en los pH ácido, neutro y básico.	88
Figura 6.8. Diagrama de barras de la Transmitancia de los Caldos de Cultivo de <i>Penicillium sp</i> por Biomasa en los pH ácido, inalterado o neutro y básico.	90

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 5.1. Embudos.	53
Imagen 5.2. Cultivo de microhongo con colonias visibles.	54
Imagen 5.3. Agar Papa Dextrosa y Celulosa en la báscula de precisión.	57
Imagen 5.4. Potenciómetro con los 3 pH utilizados para el estudio.	58
Imagen 5.5. Preparación de los medios de cultivo.	59
Imagen 5.6. Siembra realizada.	59
Imagen 5.7. Medios de cultivo en el Día 2 de crecimiento.	60
Imagen 5.8. Medios de cultivo durante el proceso experimental.	61
Imagen 5.9. Prueba de Rojo Congo en uno de los medios.	61
Imagen 5.10. Determinación de Biomasa Fúngica.	62
Imagen 5.11. Potenciómetro con los 3 pH utilizados para el estudio de producción de enzima celulolítica.	63
Imagen 5.12. Caldos de cultivo e inoculación.	64
Imagen 5.13. Prueba de Transmitancia en los Caldos de cultivo.	65
Imagen 5.14. Modelos de monosacáridos realizados por los estudiantes de Química Analítica.	66
Imagen 5.15. Realización de medios de cultivo por parte de los estudiantes de Química Analítica.	67
Imagen 5.16. Vista microscópica del <i>Penicillium sp.</i>	70
Imagen 5.17. Medios de cultivo modificados.	77
Imagen 5.18. <i>Penicillium sp</i> obtenido del estudio piloto.	78

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 5.1. Numeración de los Medios de Cultivo del Estudio Principal.	58
Tabla 5.2. Listado de todos los materiales utilizados durante la construcción del Ensayo Experimental y la Intervención Didáctica propios del presente Trabajo de Grado.	76
Tabla 5.3. Numeración de los Medios de cultivo del estudio piloto.	77
Tabla 6.1. Medición de Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Unidad Formadora de Colonias en pH ácido.	80
Tabla 6.2. Medición de Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Unidad Formadora de Colonias en pH neutro.	82
Tabla 6.3. Medición de Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Unidad Formadora de Colonias en pH básico.	83
Tabla 6.4. Medición de Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Área de Dispersión en pH ácido.	84
Tabla 6.5. Medición de Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Área de Dispersión en pH neutro.	85
Tabla 6.6. Medición de Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Área de Dispersión en pH básico.	86
Tabla 6.7. Medición de Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Biomasa en pH ácido.	87
Tabla 6.8. Medición de Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Biomasa en pH neutro.	87
Tabla 6.9. Medición de Crecimiento de <i>Penicillium sp</i> por Biomasa en pH básico.	88
Tabla 6.10. Medición de Transmitancia de los Caldos de Cultivo del <i>Penicillium sp</i> en pH ácido.	89
Tabla 6.11. Medición de Transmitancia de los Caldos de Cultivo del <i>Penicillium sp</i> en pH inalterado.	89
Tabla 6.12. Medición de Transmitancia de los Caldos de Cultivo del <i>Penicillium sp</i> en pH básico.	90

LISTA DE CUADROS

pág.

Cuadro 4.1. Síntesis de los principales postulados del Modelo Constructivista de Carácter Social.	19
Cuadro 4.2. Importancia fisiológica de diferentes monosacáridos.	27
Cuadro 4.3. Productos y servicios biotecnológicos.	48
Cuadro 4.4. Algunas posibilidades para la enseñanza de la biotecnología.	51
Cuadro 6.1. Matriz de interpretación de resultados a partir de los Informes de Laboratorio.	94

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Unidad de Actividades en el Aula.	103
Anexo B. Diapositivas de la Clase.	112
Anexo C. Unidad de Práctica de Laboratorio.	113

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Biología se ha visto en muchos casos reducida a prácticas rudimentarias fundamentadas en marcos pedagógicos de orden transmisivo, los cuales dificultan en los estudiantes tanto el desarrollo de un pensamiento crítico, el interés hacia la ciencia y el conocimiento científico como la conceptualización sólida y significativa de lo enseñado. Esto siendo evidente en la manera parcializada y dividida en que se tiende a ver el mundo de lo vivo, dejando de lado la integración interdisciplinaria. Por tanto, la formación de profesores ha de estar planeada desde una perspectiva que fomente la implementación de diferentes estrategias basadas en la didáctica de las ciencias experimentales, para identificar las dificultades que se presentan en el proceso de aprendizaje.

Es por ello que se hace necesario innovar propuestas con las cuales, partiendo de la resolución de problemas y el reconocimiento de las necesidades e intereses en cuanto a la naturaleza mediante el desarrollo de proyectos prácticos, se genere en el estudiantado el conocimiento científico a través del descubrimiento y el fortalecimiento de sus habilidades investigativas (Valbuena, 2017). En consecuencia, este proyecto se fundamenta en la realización de un ensayo experimental, en el que analiza la incidencia que la variación del pH y la presencia de distintos monosacáridos en el medio de cultivo representan en el crecimiento y producción de la enzima celulolítica celulasa del hongo *Penicillium sp.*, como excusa para la Enseñanza de la Biotecnología en estudiantes del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional.

En este sentido, el presente trabajo de grado presenta una intervención principalmente desde cuatro ámbitos relacionados entre sí: el biotecnológico, el disciplinar biológico y bioquímico, el pedagógico y el didáctico. De este modo, para el desarrollo del estudio realizado en el laboratorio, por parte tanto de los autores como de los Maestros en Formación a quienes va dirigido, se requiere de la integración de conocimientos provenientes de distintas áreas como lo son las Matemáticas, la Estadística, la Química Orgánica, la Bioquímica, la Biología, entre otros; con lo cual se busca fomentar el pensamiento científico, la problematización en cuanto a la enseñanza, la inclusión de prácticas de laboratorio, el manejo de variables y las habilidades investigativas. Esto con el fin de comprender el quehacer del profesor como un profesional habituado a cuestionarse sobre su práctica, con autonomía para aprender de ella, reflexionando acerca de la manera en que aprenden sus estudiantes al reconocer los recursos, instrumentos y estrategias para organizar el contenido, capaz de analizar críticamente este conjunto de factores a fin de introducir las modificaciones pertinentes (Delgado & García, 1997).

Siendo así, se realizó la gestión y la reflexión en cuanto a las posibilidades a las cuales se podría recurrir, tanto dentro de las instalaciones de la Universidad como a las que tendrían acceso los futuros licenciados al estar ejerciendo en las distintas instituciones educativas. En consecuencia, se optó por elegir un estudio que no requiriera de grandes o muy específicas instalaciones, aunque sí del conocimiento y razonamiento científico y pedagógico, de manera que pudiese ser replicado o complementado en la práctica profesional de los Maestros en Formación; así que se escogió registrar el crecimiento del microhongo por su disponibilidad en el cepario de Microbiología del Departamento, al que los estudiantes tienen acceso. Esto teniendo en cuenta que el acto de enseñar implica más que el sólo hecho de transmitir contenidos; este debe posibilitar en el educando las posibilidades, los medios, los recursos y la orientación para optimizar la comprensión de los procesos y conceptos, de modo que sea capaz de dar explicaciones a las distintas problemáticas que detecta durante el desarrollo del trabajo académico (Valbuena, 2017).

Bajo esta lógica, la elaboración de este Proyecto de Grado estuvo fundamentada en el Constructivismo Social, con bases metodológicas investigativas que se adscriben al Paradigma Interpretativo, en el que se reconoce la relevancia de la actividad comprensiva de la realidad; un Enfoque Mixto, donde se resaltan tanto los resultados cualitativos como los cuantitativos; esto a través de la metodología de Estudios de Caso usando como estrategia de apropiación conceptual a la Experimentación.

Así pues, se destaca el objetivo del documento en cuanto a llegar a la construcción de un Ensayo Experimental como potenciador en el proceso de enseñanza interdisciplinar del manejo de variables en estudios científicos, teniendo en cuenta que de esta manera se puede hacer una integración interdisciplinar para proporcionar una visión más completa y holística académica a partir de las problemáticas que se estudian, fomentando en los Maestros en Formación la motivación por el proceso de enseñanza, reconociendo al Licenciado en Biología como un ente con conocimientos complejos capaz de hacerlos cercanos a sus estudiantes a través de la innovación y la didáctica propia de las ciencias experimentales.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En consonancia con el programa de Licenciatura en Biología, y partiendo de las dinámicas de integración disciplinar que se realizan en el DBI, la siguiente Propuesta de Grado fundamenta su problema central desde varias esferas (Experimental Biológica, Biotecnológica, Pedagógica y Didáctica, Interdisciplinar y Bioquímica) transversales a la formación de un Licenciado en Biología. Cada una de estas constituye un pilar fundamental en la configuración del ser y el quehacer del Maestro en Ciencias Biológicas; a continuación, se procederá a formular y delimitar estos ámbitos de análisis que se tomaron en cuenta y se consideraron pertinentes para desarrollar el presente trabajo.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los Licenciados en Biología requieren en su formación, el desarrollo integral de sus habilidades tanto cognoscitivas, como procedimentales y actitudinales; en este programa de formación se ha venido constituyendo un paradigma sistémico, donde cada una de las asignaturas vistas aporta a la formación del maestro en su totalidad. No obstante, y después de una revisión documental de informes entregados y charlas con el maestro del componente de Química Analítica, se advirtió, por medio del uso de la *guía didáctica*, que los alumnos tenían ciertas dificultades a la hora de manejar variables dependientes e independientes, entender de manera general los procesos metabólicos de los glúcidos, elaborar procedimentalmente proyectos de crecimiento y desarrollo y, finalmente, aplicar conocimientos de estadística, matemáticas, física y química a problemáticas biológicas.

Anudado con lo anterior, en la construcción de un saber pedagógico y didáctico en Biología, es pertinente el conocimiento de medios que permitan la enseñanza de esta ciencia; así pues, y en virtud de lo encontrado previamente, en relación a los estudiantes de Tercer Semestre 2018-I, se caracteriza una falencia en términos de integrar una situación u objeto biológico con su posibilidad para ser enseñado, lo cual resulta preocupante si se tiene en cuenta que un maestro es un ente activo en la constitución y transformación del saber científico al saber escolar. De igual importancia el hecho de cómo estos alumnos entienden la creación de un proyecto biológico y su desarrollo en el tiempo, dependiente de ciertos factores, debido a que según lo observado y sistematizado, la población general considera indistinto las variables de estudio, con el objeto a estudiar, situación que genera un desarrollo poco efectivo y un contraste de la realidad con el experimento bastante sesgado y estéril en reflexiones. Por lo tanto, concorde a lo que señala Golombek (2008), se reconoce la importancia del laboratorio en la enseñanza de las ciencias experimentales, donde se requiere de un enfoque metodológica cuyo eje central se base en la pregunta, fundamental en la didáctica biológica.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Habiendo realizado esta observación y planteamiento general del problema se procederá a describir específicamente las esferas de inquietud y cuestionamiento que dan pie a la realización de esta investigación. La anterior información permitió darse cuenta de que el uso de métodos científicos experimentales estaba siendo muy poco potenciado, lo cual generaba que no se pudiesen relacionar activamente los estudiantes con el concepto de *hipótesis* y

plantear modelos de explicación acerca de efectos directos que existen entre un entorno cambiante y el desarrollo de un microorganismo. Igualmente, se detectaron falencias a la hora de realizar la siembra y cultivo del hongo *Penicillium sp*, organismo por demás bastante conveniente para la enseñanza de diversas temáticas biológicas gracias a su no patogenicidad y fácil crecimiento; sin embargo, a los estudiantes se les dificulta su manejo y sembrado, lo cual quedó demostrado en las sucedáneas prácticas de laboratorio; de la misma manera, desconocen su potencialidad en el mundo de la experimentación llevada a la escuela.

Continuando con lo anterior, y en lo que remite a la esfera bioquímica, los estudiantes desconocen en su mayoría cómo funciona el metabolismo de glúcidos, por ejemplo, en un microorganismo como el *Penicillium sp*, ignorando igualmente la manera en que los adquiere y cómo los procesa; por lo cual se genera un vacío conceptual a la hora de entender el efecto de su variación en el crecimiento de este organismo. Es así como, en consonancia con el anterior ámbito, en la esfera biotecnológica también se les dificulta comprender la producción y utilidad de las enzimas como la catalasa, primordiales en los micromicetes y que tiene varios usos didácticos en la enseñanza de procesos físico-químicos en Biología.

Finalmente, en las dos siguientes esferas, la interdisciplinar y la biológica, teniendo en cuenta que comprender una materia no sólo se limita a conocer los temas, sino que se han de entender los problemas que los originaron y la manera como se relacionan con otros aspectos de la vida (Golombek, 2008), se detectaron bastantes falencias en su aproximación por parte de estos alumnos, debido a que, desde el primer ámbito, los estudiantes demostraron cierta dificultad al integrar la estadística y la fisicoquímica al entendimiento y formulación de experimentos relacionados con el crecimiento del *Penicillium sp*, lo que se demostró en el uso y organización de los datos hallados en el ensayo propuesto por los maestros. No menos importante, en la esfera biológica, muchos de ellos ignoraban las bases del desarrollo del micromiceto, esto impidiendo que se propusieran modelos especulativos *a priori* a la experimentación, elemento clave del método experimental científico.

Así pues, posterior a esta observación, se analizó y reflexionó acerca del papel de la experimentación como facilitador y medio didáctico a la hora de potencializar aquellos ámbitos antes mencionados, donde los estudiantes de Tercero no poseen un desempeño correspondiente con el de un futuro Licenciado en Biología. Asimismo, a los alumnos se les dificulta la realización de una práctica de laboratorio que incluyera la variación del medio de crecimiento de un microorganismo, es por esta problemática que se formula la siguiente pregunta problema.

¿Cómo la construcción de un Ensayo Experimental basado en la incidencia de distintos monosacáridos y la variación del pH en el crecimiento, desarrollo y producción de la enzima celulolítica celulasa en el hongo *Penicillium sp* fortalece la enseñanza interdisciplinar a partir del manejo de variables en estudios biológicos de laboratorio?

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1 ANTECEDENTES DISCIPLINARES

Con relación al desarrollo de la presente propuesta investigativa se han llevado a cabo numerosos estudios desde distintos campos del saber, respecto al crecimiento, variación de pH o producción de enzimas, por lo cual las contribuciones que se han consultado resultaron enriquecedoras gracias a la variedad de orígenes de los autores de estos aportes, los cuales se presentarán en orden cronológico, esto únicamente por la facilidad que ello representa para la lectura y no por un pensamiento lineal de los avances científicos.

En ese orden de ideas, Chaparro y Rosas (2006) realizaron un estudio en el que buscaban conocer la actividad enzimática de hongos de la pudrición blanca de los phyla Ascomycota y Basidiomycota, recolectados en troncos caídos con distinto grado de descomposición, y la relación de estos con el estado de desintegración de los restos de árboles colonizados. Así, mantuvieron los organismos en medio de cultivo agar extracto de malta a una temperatura media de 25°C durante 8 días. Al obtener principalmente dos enzimas, a saber, lacasa y celobiosa deshidrogenasa, se llevaron a cabo pruebas cualitativas tomando un disco de 0,25 cm de radio de agar con el ejemplar seleccionado sembrándolo en medio agar extracto de salvado de trigo modificado en el que evaluaron 8 veces de carácter diario la acción de las enzimas mediante la medición del diámetro del halo que presentaba cambio de color en el medio.

Así, en los resultados se encontró que existe una correlación positiva entre la actividad de la celobiosa deshidrogenasa y el estado de descomposición de los troncos; a su vez, se halló una idéntica afinidad al darse que la acción enzimática de esta aumenta proporcionalmente con la presencia de la lacasa y viceversa, asimismo como se incrementaba el grado de descomposición de los troncos en que se hallaban los hongos productores de las mismas.

Por otra parte, Cao, Li, Wan, Liu, Wang, Qiao, Wang, Bulmer y Calderone (2007), interesados en la cepa de *Penicillium marneffe* por cuanto es un hongo endémico del Sudeste de Asia y China que presenta cierto grado de dimorfismo dependiente de la temperatura y que causa penicilliosis, llevaron a cabo una investigación en la que su experimento se enfocaba en los efectos que la temperatura, el pH y la salinidad tienen en ambas fases de este organismo. Esto al tener en cuenta el poco estudio existente en cuanto a los factores físicos y químicos que tienen impacto ya sea en el cambio dimórfico o el crecimiento monomórfico del microhongo, además de que la historia natural de la enfermedad no está clara.

Por consiguiente, compararon 11 aislamientos de *P. marneffe* y encontraron que podía crecer dentro de un amplio rango de temperatura (8.0°C - 39.8°C), pero su crecimiento se veía dramáticamente inhibido al alcanzar los 40°C. A la vez, hallaron que el hongo crecía mejor en un pH ligeramente ácido (5 y 6) y neutro que en condiciones de mayor alcalinidad. Asimismo, observaron una sensibilidad similar a altas concentraciones de Cloruro de Sodio (NaCl) y Cloruro de Calcio (CaCl₂) pues en general se evidenciaba una menor afinidad hacia ambos compuestos.

Con este estudio se obtiene un aporte significativo por cuanto reafirma la posibilidad de estudiar la variable de la acidez y basicidad del medio al que están expuestos los cultivos que se están utilizando actualmente para el presente trabajo de grado; a la vez, aporta un rango de temperatura al cual se pueden mantener los ejemplares con el fin de que sobrevivan y se reproduzcan con una relativa facilidad.

Posteriormente, Cruz, Castellanos y Argüello (2009), llevaron a cabo una investigación en la que, a partir de dos compost provenientes de residuos agrícolas, aislaron microorganismos capaces de degradar xilano y celulosa, a los que se les evaluó la actividad enzimática en medios sólidos con estos compuestos. Seleccionaron los mejores productores de enzimas y se les cuantificó las proteínas extracelulares, biomasa y actividad degradadora. De este modo, obtuvieron resultados que indicaban que existían 46 microorganismos con potencial para degradar xilano y 5 para celulosa de donde se escogieron seis del primero y los cinco del segundo para evaluarlos. En este estudio se consiguieron resultados que indicaban que los hongos *Aspergillus* y *Penicillium*, junto con el actinomiceto *Streptomyces* son promisorios para degradar xilano, mientras que evidenciaron una acción celulolítica más significativa en *Aspergillus* y *Streptomyces*.

Asimismo, Rodríguez, Soria, Barnes, Ordoñez y Salazar (2012), con el objetivo de evaluar las capacidades enzimáticas de degradación celulósica, recolectaron muestras de hongos en las estribaciones orientales y occidentales de Ecuador en las provincias de Pichincha, Sucumbíos, Orellana y Santo Domingo de los Tsáchilas. Estos ejemplares fueron aislados de manera aséptica y cultivados para su multiplicación en Agar Papa Dextrosa [PDA], (sustrato utilizado en el presente estudio), o bien en Agar Malta [MA] conteniendo estreptomycin al 0,1% como antibacteriano. Se identificaron molecularmente mediante la extracción de ADN ribosomal del micelio con base en la secuencia de la región ITS1 e ITS2 siguiendo un protocolo de extracción con Tiocianato de Guanidina.

De esta manera, cada cepa aislada y catalogada fue sembrada en el centro de cada una de 3 cajas de Petri conteniendo 20 ml de Agar Carboximetilcelulosa (CMC) al 1% para calcular su actividad enzimática. Se mantuvieron a una temperatura de 30°C durante 7 y 14 días, tiempo durante el cual se monitoreó el diámetro de los halos de hidrólisis, entre los que se encontraba una cepa del género *Penicillium*. No obstante, la mayor acción celulásica se halló en los géneros *Neonothopanus*, *Pestalotiopsis* y *Gymnopilus*.

Subsiguientemente, Páez (2014) llevó a cabo un bioensayo en las instalaciones del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional en el cual escogió 11 especies del cepario del Laboratorio de Biotecnología que sembró en Agar Extracto de Malta con Celulosa Microcristalina (MCC) con el objetivo de identificar el potencial biotecnológico de microhongos productores de celulasas. Como parte de la metodología de este ensayo experimental se mantuvieron las condiciones de temperatura 20°C durante 15 días; transcurrido este lapso añadió 10 gotas de Rojo Congo al 1% sobre el cultivo por un período de 15 minutos agitando suavemente para posteriormente agregar una solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) con una concentración del 1%, gracias a esto debe notarse un cambio de coloración en el medio evidenciando la actividad celulolítica.

A su vez, realizó bioprocesos a pequeña escala y determinó la biomasa fúngica a través de filtración al vacío por peso seco, así como también precipitó las enzimas y llevó a cabo la prueba de azúcares reductores. A partir de ello, estipuló que la cepa de *Cladosporium cladosporioides* es la más representativa en la producción de celulasas teniendo como sustrato MCC; no obstante, las especies *Aspergillus fumigatus*, *Drechslera pyrenophora*, *Penicillium aurantiogriseum*, *Penicillium griseofulvum* y *Trichoderma harzianum* fueron consideradas como ejemplares con actividad celulolítica extracelular representativa.

Al mismo tiempo, Gómez y Cubillos (2014) desarrollaban un estudio similar por cuanto el trabajo se enfocó en la biodegradación de residuos orgánicos mediante el uso de amilasas producidas por microhongos seleccionados, al igual que Páez, del Cepario del DBI de la sede Principal en Bogotá de la Universidad Pedagógica Nacional. Para esto, desarrollaron una serie de bioensayos donde compararon con un grupo control para determinar qué cepa presenta un mayor rendimiento a la hora de degradar el almidón, como una analogía a pequeña escala de un bioproceso a nivel industrial. Dentro de los resultados obtenidos se estableció que el microhongo con mayor eficiencia enzimática en la degradación del almidón presente en la cáscara de papa fue el *Aspergillus fumigatus*.

En suma, estos dos antecedentes institucionales han hecho aportes al establecimiento y desarrollo del aspecto disciplinar y procedimental del presente ensayo experimental por cuanto presentan un acercamiento claro a la metodología que resulta útil en el proceso para la medición e identificación de microhongos y algunas de las enzimas que estos producen. A la vez, planta unas bases sobre las cuales continuar investigaciones pasadas al interior del mismo Departamento, lo que conlleva una profundización y complementariedad de los estudios que se desarrollan al interior de la Universidad Pedagógica Nacional aportando a la fundamentación y exploración del conocimiento científico al tiempo que se interesa por la formación de los futuros educadores y la forma de concebir y llevar a cabo la práctica educativa.

Por su parte, López, Luna, Buenrostro, Hernández, Huerta, Escalona, Aguilar y Prado (2016) empleando el ascomiceto *Yarrowia lipolytica* buscaron determinar la incidencia que la temperatura, el pH y la fuente de proteína y glúcidos tienen en su producción de proteasas en un medio de cultivo sólido. Para tal efecto, evaluaron la consecuencia del uso de harina de soya y harina de pescado como fuente de glúcidos y proteínas a tres distintos niveles de pH, a saber 5, 7 y 9, a la vez que recurrieron a tres variaciones de la temperatura, siendo 40°C, 45°C y 50°C. Mediante el uso de cálculos estadísticos determinaron la fuente de sustrato y las condiciones óptimas para obtener la máxima producción enzimática en distintos lapsos.

Gracias a ello establecieron que el pH del medio afecta tanto el crecimiento como el metabolismo microbiano para producir enzimas, de la misma manera que interviene en la actividad y estabilidad de estas. Así, la máxima actividad enzimática (105 UI/mL) se obtuvo utilizando harina de soya a un pH neutro (7) con una temperatura de 45°C a las 24 horas de iniciado el cultivo. Igualmente evidenciaron una reducción del 73% del tiempo requerido en comparación con lo previamente reportado. Este estudio tiene un gran parecido con el descrito en el presente documento puesto que requirió de un gran número de pruebas, (90 por cada sustrato), y demuestra la posibilidad de un amplio margen en el manejo de variables independientes (pH, temperatura, sustrato) y dependientes (producción enzimática) en un

mismo estudio aportando una visión más completa que tienen en cuenta la complejidad de los sistemas biológicos y la rigurosidad de un estudio científico.

Posteriormente, Barbosa, Castro, do Val de Assis y Lopes (2016) aprovecharon residuos de cultivos de soya como medio para el manejo y crecimiento de ejemplares de *Penicillium spp.* Con el fin de cuantificar su producción de celulasa, proteasa y amilasa durante 4 días en diferentes condiciones de pH (5 y 6), temperatura (30°C y 35°C) y concentraciones de sustrato (70% y 90% p/v). A partir de esto se determinó que la máxima actividad obtenida para α -amilasa, β -amilasa, proteasa y carboximetilcelulasa (CMCasa) con unos valores registrados de 0,2; 0,13; 0,65 y 147 U.mg⁻¹, respectivamente. Las condiciones de fermentación influían en la actividad enzimática siendo, según las autoras, la concentración del sustrato la variable más significativa del proceso.

Del mismo modo, el tiempo tuvo efecto únicamente en la actividad de la CMCasa y la β -amilasa al documentarse los valores más bajos para estas enzimas entre el período de 24 a 48 horas de cultivo, respectivamente. A raíz de esto se concluyó que la cepa de *Penicillium spp.* LEMI A8221 (originaria de la colección de cultivos bacterianos del Laboratorio de Enzimología y Microbiología Industrial, de la Universidad Federal de Bahia) podría ser considerada como un promisorio agente biológico con aplicación industrial, y el residuo de soya fue presentado como una fuente alternativa de carbono en un cultivo sólido para la producción de enzimas por microorganismos.

Más recientemente, Vieira, Mantovani, Sanzio, de Oliveira y Guarda (2017) efectuaron un estudio experimental acerca de la producción de celulasas por *Penicillium oxalicum* a través de la fermentación en estado sólido usando diferentes sustratos agroindustriales, con el objetivo de definir los factores que influyen en la obtención de dichas enzimas por medio de la acción metabólico de este microhongo, proveniente de una cepa presente en una colonia de hormigas cortadoras de hojas (*Acromyrmex balzani*) e identificada mediante el gen ITS. Esta cepa fue elegida debido a la alta actividad celulolítica que presenta, de acuerdo con investigaciones previas; y porque es además perteneciente a la colección de cultivo de microorganismos *Coleção de Culturas Carlos Rosa* en el Laboratorio de Microbiología Ambiental y Biotecnología de la Universidad Federal do Tocantins.

El diseño experimental incluyó fermentación en estado sólido usando en un primer momento PDA en cajas de Petri para activar el ascomiceto durante 7 días a una temperatura de 25°C, adicionando agua destilada para la obtención de esporas; posteriormente se utilizó bagazo de caña de azúcar y sorgo lignocelulósico como sustrato. Con ello, las variables estudiadas fueron la temperatura, la humedad, el pH, el tiempo del cultivo y la concentración del inóculo. En los resultados se estableció que todas las variables estudiadas influyeron en la producción de al menos uno de los tres tipos de celulosa analizados, con los valores más altos siendo: la Actividad sobre Papel de Filtro (FPase) 4,2 U.mg⁻¹, la CMCasa con 9,2 U.mg⁻¹ y la Avicelasa con 8,4 U.mg⁻¹. Igualmente, las mejores condiciones para la producción de enzimas fueron una temperatura de 40°C, humedad inicial del 60%, pH de 4 y un período de crecimiento de cuatro días.

Finalmente, Peña, Calixto, Guillén, Sánchez y Amaya (2017) reportan un estudio pionero en el uso de residuos de pulpa de café para la expresión de enzimas celulolíticas y xilanolíticas

por el hongo nativo *Penicillium citrinum* cepa CGETCR por fermentación en estado sólido. Su interés subyace en la producción mundial de café dado que el residuo es catalogado como contaminante, si no se trata adecuadamente, debido al alto contenido de polifenoles, cafeína, taninos y la presencia de ocratoxina A, además de la alta acidez, presentando un pH de 3,5. Por tanto, se considera de importancia biotecnológica llevar a cabo ese estudio acerca del aprovechamiento de dichos restos para la obtención de enzimas de interés. Así pues, la expresión enzimática fue optimizada para estudiar el pH, humedad y tiempo de fermentación con la actividad endoglucanasa como variable dependiente.

De ahí que los resultados arrojaran actividad de enzimas tales como β -glucosidasas, endoglucanasas, exoglucanasas y xilanasas; las cuales presentaron funcionalidad dentro de un rango de acidez de entre 4 a 5,5 y de basicidad con valores oscilando de 7,5 a 8. Asimismo, la mayor acción fue documentada con una humedad relativa con valores entre el 50% y el 70%. Específicamente y a manera de finalización, la optimización de la fermentación en estado sólido usando esta cepa del hongo *P. citrinum* y la pulpa de café como sustrato resultó óptima a un pH de 7,11, con una humedad del 61,79% y un período de incubación de 145,51 horas.

1.3.2 ANTECEDENTES PEDAGÓGICOS

De igual manera, se han revisado una serie de documentos en lo referente a la experimentación en la escuela como método de enseñanza a la vez que en lo que respecta a la incursión de la biotecnología en la educación donde puede generar un gran impacto por cuanto representa un significativo acercamiento al estudiantado acerca de estos avances científicos; al mismo tiempo que proporciona a los maestros una manera de abordar la enseñanza de las ciencias. Por tanto, también se expondrá de modo cronológico, teniendo en cuenta el momento de su elaboración por encima de la fecha de su más reciente publicación, en el caso en que aplica esta divergencia.

En ese orden de ideas, se tiene en primer lugar un artículo de Granés y Caicedo (1997) en el que analizan el trabajo realizado en un seminario de postgrado de física para educadores escolares de básica secundaria, de donde se nutre su documento al identificar dificultades de orden epistemológico en cuanto a la producción de conocimiento científico, reflexionando sobre el papel desempeñado por la historia en la enseñanza de las ciencias. Así, los autores exponen la relevancia de la *recontextualización* como un situar, articular y/o insertar un conocimiento de manera significativa en un nuevo contexto, pero estos procesos están sujetos al control que ejercen determinados entes o agentes sociales y estatales, como el Ministerio de Educación, en la elaboración de textos, planes de estudio y materiales de enseñanza para los diferentes niveles de educación.

Por tanto, es de este modo que, al pensar en la preparación y ejecución del presente proyecto de grado, se reflexionó acerca del modelo pedagógico apropiado para los futuros educadores, teniendo en cuenta las directrices consignadas en los estándares académicos y la importancia del acercamiento práctico a las temáticas por parte tanto de maestros como de estudiantes; además de la importancia que tienen actualmente los conocimientos biotecnológicos y sus aplicaciones. Esto como un modo de “recontextualizar” la enseñanza basada en textos y

alejada de la intervención didáctica del maestro como sujeto posibilitador del aprendizaje, para así fomentar el análisis y construcción de conocimiento profesional en profesores de ciencia generando un efecto en sus prácticas educativas.

Por otra parte, el profesor de la Universidad Pedagógica Nacional, Edgar Valbuena (2017), presenta las generalidades de la biotecnología, tales como la definición, las principales aplicaciones y los alcances, así como las dificultades en cuanto al deficiente desarrollo de esta en Colombia, especialmente para la época de elaboración y primera publicación de su artículo en 1998 en la *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*. Su propósito se fundaba en la realización de proyectos pedagógicos con estudiantes que estén cursando los grados de Educación Básica y Media, con la meta de contribuir a hallar una solución al problema de la enseñanza de las Ciencias Naturales y el desarrollo biotecnológico colombiano. Para esto, aprovechó una experiencia llevada a cabo con educandos de bachillerato que implicaba la realización un trabajo concerniente a la contextualización y los beneficios de esta multidisciplina, para plantear una reflexión en lo referente a los aspectos del marco educativo.

Con esto, a partir del trabajo realizado con los estudiantes de secundaria de diferentes instituciones educativas de Bogotá, se identificaron tendencias en los escolares como la obtención de habilidades en el manejo de instrumental, preparación de soluciones y trabajo de laboratorio atendiendo a las normas de seguridad; manifestación de interés hacia el conocimiento; y comprender el manejo de variables y las condiciones de un experimento en los procesos de elaboración de un diseño. Siendo esta última una de las metas por conseguir mediante la aplicación de la presente propuesta al involucrar al futuro licenciado en las prácticas que, como presenta este antecedente, pueden ser llevadas al aula de clase fomentando el acercamiento de los educandos a la ciencia.

Posteriormente, Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001) publicaron un artículo en el que examinan los modelos científicos desde una perspectiva lingüística y representacional, donde algunas estrategias didácticas son consideradas como meras simplificaciones de la ciencia erudita detrás de ellas, llevadas de manera acrítica al aula de clase, de tal manera que el estudiantado, al carecer de la representación mental de determinada temática, termina por retener información de manera memorística, pero falta de significado o entendimiento, ocasionando que este saber no resulte afianzado y sea sustituido por ideas erróneas propias de los “*modelos del sentido común*”. Con esto en mente, definen el Modelo Didáctico Analógico como un dispositivo de la ciencia escolar, el cual implica conocer a profundidad el tema a enseñar, abstraer las relaciones funcionales y conceptos nucleares para traducir todo en una situación clara para el alumnado.

En esa misma línea de pensamiento, este trabajo se enlaza con el presente en cuanto a que se requiere de una serie de cambios en la enseñanza; en este caso a través de un diseño experimental que se constituye en torno a un modelo pedagógico constructivista, en el que el maestro en formación deberá establecer hipótesis con base en el conocimiento de temáticas bioquímicas, de tal modo que sea partícipe de su propia educación y que, del mismo modo,

esto se vea reflejado en su quehacer docente llevándolo a ser capaz de interpretar el conocimiento científico de una manera didáctica para facilitar el aprendizaje sus estudiantes.

Asimismo, Castro y Valbuena (2007) abordan dos puntos fundamentales en la enseñanza de la ciencia biológica que se desprenden de las particularidades que le otorgan autonomía a esta, siendo estos los contenidos que deberían ser enseñados en la escuela y los métodos pertinentes para llevarlo a cabo. A este respecto hacen una reflexión en la que reconocen que el conocimiento biológico escolar no se trata simplemente de una transferencia de los contenidos de la lógica disciplinar científica, sino que surgen de la interacción y transformación de la Biología, la Didáctica, el contexto y los conocimientos del educador y su alumnado, entre otros factores. De tal manera, lo planteado por estos autores resalta este proyecto de grado por cuanto mencionan que la experimentación no debe limitarse a la corroboración de un planteamiento previamente establecido ni a replicar procedimientos hechos por otros sin darles una significación y mucho menos como una manera de entretención del estudiantado. Por el contrario, esta puede posibilitar la problematización y la construcción de conocimiento pues de otro modo se convierte en una práctica mecanizada y carente de sentido.

Por otro lado, Roa, García y Chavarro (2008) enfatizan la importancia de introducir la biotecnología como una permanente parte del currículo en la formación de maestros del área biológica, puesto se encuentra basada en la naturaleza y en las necesidades de la sociedad en la que se puede construir una percepción más cercana de lo que esta rama de la ciencia es y así también de sus implicaciones; pero para lograr este objetivo se requiere que la enseñanza de la Biología guíe acerca de lo que son y representan los seres vivos tanto para el mundo natural como para la economía, la cultura, la sociedad y la política del mundo.

En este sentido, el profesor de Biología ha de poseer la formación, el conocimiento y las competencias para la transposición didáctica del contenido científico a los contenidos escolares, de tal manera que sea capaz de llevarlo al salón de clase de un modo cercano al contexto y la realidad del estudiante. En consecuencia, continúan los autores, la educación biotecnológica debe ser un requisito tanto para el docente en ejercicio como para los futuros maestros, siendo estos últimos quienes con mayor razón han de tener claridad, debido a que la imagen de la ciencia y el significado del conocimiento recaen sobre ellos, siendo parte de su misión traducir los adelantos en este campo del saber en estrategias didácticas y pedagógicas que permitan que sus educandos tengan una idea cercana de la interdisciplinariedad de la Biotecnología, facilitando que generen sus propias conclusiones en lo referente a los efectos en la calidad de vida y de los ecosistemas.

Considerando esto, unos años después Roa (2011) presenta algunos aspectos en relación a la didáctica de la biotecnología, ante la evidencia de su crecimiento acelerado y sus variadas aplicaciones en distintos sectores de producción, reconociendo que la educación en ciencias naturales se halla relegada en cuanto a observarla como objeto de enseñanza. Por tanto, estructura y presenta *grosso modo* un taller para profesores titulados y en formación en el área de la Biología en el que se permita problematizar y reflexionar sobre las propias concepciones acerca de la biotecnología. Así, para la intervención planeada como parte del

desarrollo de la presente propuesta se sigue un diseño similar, por cuanto consta, correlativamente con lo propuesto por el autor, de una introducción, un par de actividades (interrogativa y puesta en común) y una actividad de cierre (laboratorio).

De manera análoga, Occelli (2013) reconoce la manera en que se pueden observar procedimientos y conceptos biotecnológicos en distintos niveles de educación, desde la formación de educadores hasta los currículos de primaria y secundaria; lo que en realidad no responde a caprichos sino a la pertinencia de estas temáticas al tener en cuenta el modo en que, a través de los medios, se presenta un acercamiento a los avances y desarrollos propios de esta área. Por consiguiente, la autora comprende que algunos procesos requieren de gran equipamiento, como de técnicas y prácticas de laboratorio que podrían resultar complejas; no obstante, con pocos elementos se pueden desarrollar experimentaciones sencillas en la escuela. Es de este modo que se pretende, a través de la mediación, fomentar en los futuros licenciados el interés por pensar nuevas estrategias de enseñanza que les permitan plantear diferentes alternativas, teniendo en cuenta el contexto, los recursos económicos y la infraestructura con las que cuentan las diversas instituciones educativas, dispuestos a vincular la asignatura con las necesidades y desafíos de la sociedad actual.

Al mismo tiempo, Roa y Valbuena (2013) presentan elementos tenidos en cuenta a la hora de incluir a la biotecnología en el currículo escolar respondiendo de ese modo a las exigencias sociales; esto sin llegar a obviar que la educación no ha de estar limitada a la formación para la investigación hacia el consumismo, sino que debe propender por concebir el conocimiento biotecnológico en lo que respecta a su naturaleza y función en la sociedad. Asimismo, destacan la relevancia y pertinencia de configurar la didáctica de esta disciplina y sus implicaciones en la formación de maestros, puesto que este discernimiento puede contribuir a un mejoramiento en lo que se refiere a la enseñanza y el aprendizaje de la misma, al facilitar el acercamiento de los estudiantes a lo que es la actividad científica.

Para concluir, Nieves y Ortiz (2015) en su trabajo de grado resaltan la investigación escolar como parte de la formación de los estudiantes argumentando que esta favorece el desarrollo de sus capacidades de indagación, de tal forma que ellos logren un conocimiento integral y productivo entorno a aquello con lo que se relacionan de manera inmediata, donde se contribuya al desarrollo social, cultural y económico de la sociedad. A través de esto, proponen una estrategia a partir de una secuencia didáctica al considerar necesario un cambio metodológico en cuanto al aprendizaje mediante la investigación. Por consiguiente, la presente propuesta sigue la misma línea de razonamiento por cuanto busca enlazar la formación de futuros maestros, desde distintos aspectos (conceptuales, metodológicos, procedimentales), con su desempeño didáctico a la hora de ejercer como educadores y la manera en que esto se traducirá en un mejoramiento en la manera de acercar a sus estudiantes el conocimiento científico y su importancia.

2. JUSTIFICACIÓN

En el marco del Proyecto Curricular de la Licenciatura en Biología (PCLB), el desarrollo integral del maestro es el abanderado principal y eje central de la construcción del discurso, didáctico, pedagógico y biológico. A partir de esta consideración, es preciso integrar y comprender los diversos procesos que conforman la Enseñanza de la Biología, entre estos se encuentra, como esfera primordial, el desarrollo y consolidación de las habilidades experimentales y el pensamiento científico de los futuros licenciados; por esta razón este trabajo se interesa en potenciar el progreso y configuración de los sistemas de pensamiento inmiscuidos en la Experimentación en Biología en el aula, de la misma manera, facilitando el pulimento de las destrezas de laboratorio de los Maestros en Formación.

Siguiendo con la anterior línea argumental, es menester que los futuros Licenciados en Biología conozcan sólidamente los principios biológicos acerca del crecimiento y desarrollo de los microorganismos y las posibles condiciones que afectan su dispersión y producción de metabolitos secundarios; a raíz de lo antes mencionado, este Trabajo de Grado se configura a manera de posibilitador en la enseñanza de estos conceptos estructurantes a través de la siembra, cultivo y observación del desarrollo y crecimiento del hongo *Penicillium sp* bajo distintos factores, tales como la variación del pH y el tipo monosacárido presente en el agar, claro está, con el constante registro y conteo propios del rigor de la disciplina biológica.

De igual modo, está claro que, en la formación de un Licenciado en Biología, el entendimiento y capacidad interpretativa de dinámicas biotecnológicas es clave para integrar conceptos biológicos a la generación de materias utilizables en el aula y en la industria. Así pues, el trabajar experimentalmente con el hongo *Penicillium sp* le permite al estudiante observar y cuantificar la producción de la enzima celulolítica celulasa, encargada de la hidrólisis de la celulosa, proceso implicado, por ejemplo, en la fabricación del papel y que facilita la comprensión de interacciones entre los microorganismos y su aprovechamiento en la economía; asimismo, enriqueciendo la visión que tiene el Maestro en Formación acerca de los microhongos.

Continuando con lo anterior, la esfera pedagógica y didáctica del Departamento de Biología exige el desarrollo de dinámicas de enseñanza innovadoras en el aula por parte de sus futuros licenciados, lo que significa la fundamentación de conceptos estructurantes en ideas creativas, que permitan a los estudiantes interiorizar el conocimiento más allá de una memorización vacua. Debido a lo esto, el presente Trabajo de Grado implementa la *Experimentación* como medio didáctico para la enseñanza del metabolismo de glúcidos, proceso primordial a la hora de comprender las dinámicas internas de los organismos. Esta experimentación escolar, permite la generación de sistemas cognitivos complejos, donde el Maestro en Formación integre sus conocimientos biológicos con el manejo de variables, pudiendo así configurar soluciones y predicciones a una amplia gama de problemáticas biológicas, en lo que se refiere a los ensayos de laboratorio.

En consideración con lo anterior, y desde el ámbito pedagógico, es necesario intervenir en el aula activamente, relacionándose con el saber desde lo científico, pero sin olvidar que el estudiante posee una estructura cognitiva *a priori*, que debe ser valorada y aprovechada, enriqueciéndola con la visión disciplinar biológica, sin dejar de lado la relación humana y empática, lo cual sólo es posible si el medio didáctico permite una comunicación efectiva entre el maestro y el estudiante; esto precisamente es lo que permite la experimentación en el aula y lo que hace pertinente este Trabajo de Grado.

Así pues, Séré (2002, citado en Flores, Caballero & Moreira, 2009) argumenta que durante todo el trabajo de laboratorio ha de estar presente el conocimiento teórico y conceptual, encontrando su efectividad e importancia en la aplicación del mismo, teniendo una visión en la que la teoría se presenta para apoyar a la práctica y no sólo entender esta relación en sentido contrario. De otro lado, las destrezas procedimentales y metodológicas pueden ser utilizadas para la generación de la autonomía en estudiantes a través de proyectos abiertos; a la vez que desarrolla, desde el punto de vista epistemológico, una comprensión adecuada de la ciencia en distintos contextos y desde la acción interdisciplinar. De tal modo, tales intervenciones didácticas facilitan que el educador vislumbre las concepciones de sus estudiantes acerca del saber científico llevándolos a preguntarse por el fenómeno de lo viviente.

Finalmente, el trabajar con microorganismos en laboratorio les facilita a los futuros licenciados incorporar sus habilidades experimentales a sus conocimientos acerca de las dinámicas de crecimiento y desarrollo de los organismos, lo que potencializa la producción de estudios de laboratorio que facilitarán la enseñanza de estos conceptos, es decir, desarrollar esta experimentación en el aula les dará herramientas a los Maestros en Formación para encontrar nuevas maneras de enseñar en estas temáticas tan complejas y diversas.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar el efecto de la construcción de un Ensayo Experimental basado en la Incidencia de Distintos Monosacáridos y la Variación del pH en el Crecimiento, Desarrollo y Producción Enzimática de Celulasa del Hongo *Penicillium sp* como potenciador de la enseñanza interdisciplinar a partir del manejo de variables en estudios biológicos de laboratorio con estudiantes de Tercer Semestre del PCLB.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un Ensayo Experimental basado en la Incidencia de Distintos Monosacáridos y la Variación del pH en el Crecimiento, Desarrollo y Producción Enzimática de Celulasa del Hongo *Penicillium sp*.
- Identificar las posibilidades didácticas del Ensayo Experimental y el Trabajo de Laboratorio para la enseñanza del manejo de variables a través de su implementación en estudiantes de Tercer Semestre del PCLB.
- Incentivar una actitud reflexiva y argumentativa por parte de los estudiantes hacia problemáticas metabólicas y sus posibilidades de enseñanza.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. MARCO PEDAGÓGICO

4.1.1 GENERALIDADES DEL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL

4.1.1.1. Fundamento Teórico. Introdutoriamente, el Constructivismo, como expone Vázquez (2011), plantea que las prácticas transmisivas en busca de la recolección y almacenamiento de conocimientos no abarcan la complejidad que supone el aprendizaje, puesto que una significativa parte de este se fundamenta en la actividad social en la que se construye el saber a partir de la propia experiencia, adaptando la nueva información a patrones cognoscitivos previamente constituidos. De esta manera, Vygotsky (como cita Vázquez, 2011) considera que el entorno en que se interactúa (entendido este desde el ámbito cultural más que como algo puramente físico), y la comunidad que lo compone poseen una influencia relevante en la manera en que se aprende, afectando las interpretaciones y los puntos de vista del sujeto; por lo que las herramientas culturales e intelectuales de las que se dispone, o bien, de las que se ponen a disposición del individuo, pueden ampliar las posibilidades de reestructurar sus funciones mentales. Así pues, conforme a la misma autora, a través del lenguaje (crucial en el modelo constructivista), y el debate entre estudiantes del mismo nivel cognitivo se favorece el poder de argumentación y el aprendizaje mismo.

No obstante, cabe resaltar que este modelo ha sido influenciado de manera importante por la corriente psicológica del cognitivismo, entre la cual se encuentran autores como Piaget; el cual le deja por primera vez al modelo una visión del niño, como ser que posee una realidad propia y unos esquemas cognitivos definidos que se complejizan con la edad, es decir, en contraposición a Rousseau, quien lo consideraba una planta que regar o a Locke, que lo concebía como un tabla rasa donde la experiencia se escribe. Por otro lado, se resalta que el modelo nace principalmente de la corriente sociocultural de Lev Vygotsky, la cual a continuación se describirá con detalle. No obstante, cabe resaltar que este nunca habló de constructivismo y fue más adelante que su teoría fue enmarcada como modelo pedagógico por autores como Brunner, que utilizaron las premisas de estas corrientes epistemológicas para modelar la realidad educativa. De esta manera se puede afirmar que el constructivismo social es un modelo ya que permite explicar la naturaleza del conocimiento por medio de unos postulados falseables y con aplicación en la práctica educativa (Brunner, 1984).

4.1.1.2. Realidad Educativa. Se iniciará por describir la visión de conocimiento que ostenta el constructivismo social que, en principio, se puede definir como el eje principal para comprender una corriente epistemológica. El conocimiento para el constructivismo social es un producto que se modela dentro del aparato cognitivo del sujeto, lo que significa que la realidad es dependiente de la configuración que los diferentes actores en conjunto le confieran. Como propone Ledesma (2014), en interpretación de Vygotsky, anota que ese modo de conferir significado a la realidad se da por medio de las herramientas interpsicológicas, las que el sujeto adquiere en la interacción dentro de un determinado contexto; cabe resaltar que la herramienta primordial para significar la realidad es el lenguaje,

el cual es en sí mismo un universo simbólico de sentidos y significados. Por otro lado, esas herramientas que en principio son de carácter social y dependientes de la interacción con los demás sujetos, pasa a convertirse en una habilidad mental intrapsicológica cuando el individuo es capaz de usarla fuera de la dictadura del aquí y ahora, es decir, ser capaz de manejar y construir conocimientos sin la necesidad de tener los objetos en concreto. Se podría referir a esta habilidad como la abstracción y la captura de la esencia de situaciones y objetos con el fin de poderlas manejar fuera de la cosa en sí.

En cuanto a la mirada de los procesos de enseñanza y aprendizaje en el constructivismo, Calero en su libro “*Aprendizaje Sin Límites*” (2009), lo define de la siguiente manera, el aprendizaje es el acto social de conferir significados a un fragmento de la realidad el cual antes era inexistente o difuso en el aparato cognitivo del sujeto estudiante. Lo anterior significa que el aprendizaje es un proceso activo dependiente de unos esquemas de conocimientos *a priori* y unas herramientas proferidas por un contexto específico, y que tiene como fin el desequilibrio de esos modelos capaces de explicar la realidad para ser transformados o en su defecto sustituidos por unos más eficaces para interpretar la realidad; a este proceso se le denomina reequilibrio-mejorante.

La enseñanza, al igual que el aprendizaje, anota Calero (2009), es un proceso activo que se desarrolla sólo en un ambiente que le sea favorable tanto al maestro como al estudiante y así mismo insta para que se genere conflicto cognitivo en el educando; sin embargo, cabe resaltar que el proceso de enseñanza es dependiente de la colectividad y sólo se dará si el alumno tiene situado en su zona de desarrollo próximo este conocimiento. Por lo tanto, los niveles escolares y sociales serán primordiales a la hora de enseñar; es evidente que no se podrá lograr la misma profundidad y complejidad en el desarrollo de un saber con un estudiante de clase baja, donde el vocabulario es ínfimo y el ambiente es árido en afecto, que con un estudiante que vive en una familia que posee un capital cultural abundante y posibilidades de expresión y discusión notables.

Lo anterior marca una notable diferencia entre la teoría sociocultural y el paradigma piagetiano, puesto que para este último el desarrollo lleva a cuentas al aprendizaje (etapas) mientras que para el constructivismo social es la posibilidad y el ambiente donde se aprende el que acarrea un determinado perfeccionamiento. En pocas palabras, un sujeto que está constantemente enfrentado al conflicto cognoscente y se halla en un ambiente rico en experiencias y saberes tendrá un aparato cognitivo más complejo y robustecido; sin embargo, no se deja de lado el desarrollo biológico, pero su expresión se ve limitada a las posibilidades de la cultura, la cual se encuentra inmersa en un contexto (Ledesma, 2014).

4.1.2 ACTORES DEL FENÓMENO EDUCATIVO SEGÚN ESTE MODELO

4.1.2.1. Maestro. En este modelo el maestro, a diferencia de lo que se cree, desempeña un papel primordial debido a que de este depende, en gran medida, la construcción de los conocimientos que haga el estudiante; por lo tanto, y como se refiere a él la autora latinoamericana Olga Lucia Zuluaga (1999), este viene a desempeñar el papel de un intérprete empoderado de saberes y experiencias con una importante complejidad en sus esquemas cognitivos y que, a su vez, debe efectuar constantemente ejercicios de transformación de conocimientos tanto disciplinares como pedagógicos a los diferentes

ambientes donde se sitúe, es decir, debe ser creativo, asertivo y ser capaz de llevar a cabo ejercicios metacognitivos para no sólo enriquecer su aparato cognoscente, sino entender y permitir mejorar el de sus estudiantes. Igualmente, el maestro es un ser transformador de las realidades educativas y para esto se vale de la didáctica, la cual le dará la posibilidad de construir y reconfigurar diversos conocimientos que posteriormente se discutirán en el aula. Asimismo, esta pedagogía le permite interpretar los diferentes contextos y con ello las dinámicas que emergen y que deben ser dialogadas en el aula; por esta razón, el maestro en el constructivismo social, ya no es visto como actor que aplica un receta dada por la didáctica, sino más bien un sujeto flexible que entiende e interpreta las necesidades y gustos de sus estudiantes con la finalidad de potencializar sus habilidades y que se apoya en el conocimiento didáctico para todo este fenómeno complejo tanto práctica como teóricamente.

4.1.2.2. Estudiante. Ya se ha visto implícitamente el sitio en que este modelo ubica al estudiante; sin embargo, se pasará a especificar sus posibilidades y procesos. El educando es un ser que participa activamente en sus procesos de aprendizaje, para lo que requiere de un lenguaje con el cual significará su realidad, una comunidad que se lo confiera y un estado de desarrollo mental que le permita interiorizar y reconstruir los diferentes conocimientos con ayuda de un adulto, a esto se le denomina ZDP, la que determina las posibilidades de aprendizaje del alumno, es decir, lo que puede hacer ayudado por el maestro o un adulto en general, pero que en un futuro cercano podrá realizar de manera individual, esto no es más que el proceso de interiorización y abstracción antes mencionado. Por otro lado, este estudiante posee unos modelos previos para explicar su realidad, los cuales pondrá a prueba en las diferentes experiencias y fenómenos que observará a través de su vida (Ledesma, 2014). Es destacable, que el papel de la escuela como espacio rico en dinámicas políticas, académicas y afectivas, le provee al escolar la posibilidad de vincular sus conocimientos académicos de construcción guiada con las vivencias de los demás compañeros, configurando así un diálogo de saberes no sólo maestro-estudiante sino también estudiante-estudiante, permitiendo la construcción colectiva con los diferentes actores del acto educativo (Martínez, 2012).

Continuando con este análisis de los diferentes integrantes del fenómeno educativo y su concepción por parte del constructivismo social, será relevante hacer evidente el papel del aula y los principios que rigen las actividades en su interior. Rafael Flórez (2005), propone cinco principios a desarrollar en el salón para permitir la interiorización del conocimiento en los estudiantes, así define estos escalones en las tareas escolares haciendo hincapié en los siguientes aspectos o etapas básicas:

- ✓ Crear una concepción preliminar de la tarea.
- ✓ Dominar la acción utilizando objetos.
- ✓ Dominar la acción en el plano del habla audible.
- ✓ Transferir la acción al plano mental.
- ✓ Consolidar la acción mental.

Estas etapas de interiorización permiten al maestro darse cuenta de los diferentes dominios de una actividad y cómo actuar para permitir esa consolidación. Es pertinente poner la atención al segundo escalón paso clave para internalizar la actividad y hacerla audible, esto confiere poder al objeto que puede generar sentido y hacer la actividad en el aula mucho más amena y divertida permitiendo centrar la atención del alumno y asimismo moldearlo a su gusto para entenderlo activamente y poner en práctica sus teorías y modelos. Gracias a lo

anterior, es primordial dejar en claro el papel de la evaluación, puesto que si el constructivismo social es un modelo pedagógico debe ser capaz de interrelacionar efectuar e interpretar todos los fenómenos educativos por lo cual se continuará con resumir el papel de la evaluación dinámica clave y enriquecedora para el acto educativo (Flórez, 2005).

4.1.3 EVALUACIÓN EN EL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL

La evaluación constructivista, como anota Greg Neymeyer en 1996, es de carácter eminentemente cualitativo y se encarga de poner en práctica los conocimientos construidos en las situaciones del contexto donde se encuentra inmerso el estudiante. Seguidamente, observará el desarrollo de destrezas y habilidades logradas por los diferentes alumnos, enriquecerá los procesos de enseñanza por medio del establecimiento de la relación entre el mundo de la vida y las teorías que son construidas en la escuela. Finalmente, y gracias al anterior proceso, se podrá comprender si el educando ha logrado significar su mundo poniendo en práctica sus conocimientos adquiridos, esto sin desconocer su edad y su nivel de desarrollo.

-
- La adquisición de conocimientos destrezas y valores es un proceso activo en el que el educando utiliza sus sentidos e información previa para construir significados.
-
- Los educandos aprenden a aprender en la medida en que aprenden. El desarrollo de conocimientos consiste en construir significados y construir sistemas para generar significados. Cada significado que se construye mejora la habilidad para dar significados.
-
- La acción mental es esencial en la construcción de significados; sin embargo, la acción física podría ser necesaria para la adquisición de conocimientos, especialmente en niños. En el proceso educativo hay que proveer actividades que involucren tanto la mente como el cuerpo. El desarrollo de conocimientos involucra el lenguaje.
-
- El desarrollo cognoscitivo es una actividad social. Se aprende a través de la interacción con otras personas.
-
- La adquisición de conocimientos es contextual. No se aprenden teorías y datos aislados de lo que es pertinente a la vida. Las experiencias previas sirven de referencia para la construcción de conocimientos.
-
- Se necesita conocimiento para aprender. No es posible asimilar conocimientos nuevos sin tener una estructura previa que permita construir nuevos conocimientos.
-
- Aprender toma tiempo. No se construyen conocimientos de forma instantánea. Se necesita repetir, reflexionar y practicar lo aprendido.
-
- La motivación es un elemento esencial en el proceso educativo. Los componentes cognoscitivo y afectivo se complementan en el proceso educativo.
-

Cuadro 4.1. <i>Síntesis de los principales postulados del Modelo Constructivista de Carácter Social.</i> (Extraída de Flórez, 2005, pp. 329-330)
--

4.2. MARCO DISCIPLINAR BIOQUÍMICO

4.2.1 GENERALIDADES DE LOS MONOSACÁRIDOS

Los glúcidos se clasifican comúnmente en *simples* y *complejos*. Los **monosacáridos**, o azúcares simples, son hidratos de carbono como la fructosa, la xilosa, la glucosa, la arabinosa y otros, que no se pueden hidrolizar en sacáridos de menor tamaño. Adicionalmente se clasifican como **aldosa** o **cetosas**, teniendo en cuenta que el sufijo *-osa* hace referencia a un glúcido y el prefijo *aldo-* o *ceto-* se deben a la ubicación espacial del grupo carbonilo presente en la molécula, sea este un aldehído o una cetona. De la misma manera, el número de carbonos presente identificará el prefijo numérico indicado: *tri-*, *tetr-*, *pent-*, *hex-*, etc. Siendo así, al fusionar las dos denominaciones, se obtendría que la fructosa es una *cetohexosa*, es decir, un azúcar cetónico con 6 carbonos; la glucosa, una *aldohexosa*: azúcar aldehídico de 6 carbonos; la ribosa, una *aldopentosa*: glúcido aldehídico de 5 átomos de C; y, como último ejemplo, la sedoheptulosa, una *cetohexosa*, sacárido cetónico con 7 C. Aun así, la mayoría de los monosacáridos comunes son hexosas y pentosas (McMurry, 2008).

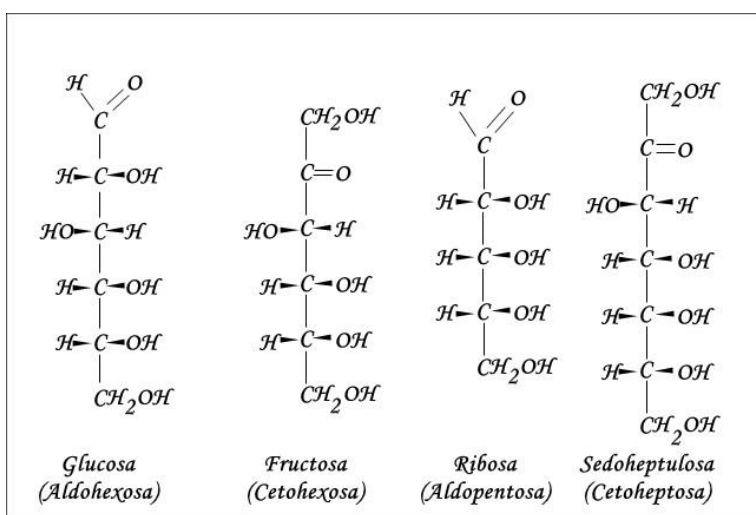


Figura 4.1. Monosacáridos como aldosas o cetosas.

(Basada en McMurry, 2008, p.975)

Puesto que los monosacáridos únicamente poseen dos grupos funcionales, como son hidroxilos y carbonilos, la mayor parte de la química de estos es la común a dichas agrupaciones; a saber, los alcoholes se pueden convertir en ésteres, éteres o bien oxidarse, mientras que los carbonílicos podrían reaccionar con nucleófilos y reducirse. Debido a sus componentes estructurales, dichos azúcares simples son generalmente solubles en agua, pero insolubles en disolventes similares al éter; de modo que resulta difícil purificarlos y

tienen una tendencia a formar jarabes cuando se elimina el solvente; no obstante, sus derivados sí se disuelven en esta clase de químicos y se purifican y cristalizan con facilidad (McMurry, 2008).

Los azúcares simples se comportan como alcoholes en la mayoría de las reacciones químicas, por ejemplo, los grupos $-OH$ de los carbohidratos pueden transformarse en ésteres y éteres, los cuales con frecuencia funcionan más eficazmente que los azúcares libres. Debido a sus varios grupos hidroxilo, generalmente los monosacáridos son polares, pero no solubilizan en disolventes orgánicos (McMurry, 2008).

Los hidrocarburos de cadena larga como la gasolina conforman una poderosa fuente de energía, pero las células (formadas principalmente por agua) no pueden usar moléculas apolares. En cambio, usan moléculas orgánicas con grupos funcionales hidrófilas; moléculas que se sintetizan con facilidad y se dividen en el interior acuoso de la célula. De otra parte, los glúcidos son compuestos orgánicos constituidos por Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) en una proporción respectiva de 1:2:1. En los sistemas vivos los tres principales tipos son monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. La expresión “sacárido” tiene su origen en el griego que significa azúcar. Los glúcidos más sencillos son los monosacáridos, los cuales están constituidos por una cadena principal de cinco o seis carbonos, un grupo aldehído o cetona y al menos dos grupos hidroxilo. La mayoría de estos azúcares son hidrosolubles tal que son fácilmente transportados a través del medio interno de todos los organismos. Dentro de los ácidos nucleicos se encuentran únicamente pentosas, distintas a la fuente primordial de energía o material estructural. La glucosa es una hexosa que es utilizada como precursora para formar otras moléculas diferentes, por ejemplo, la vitamina C, que es una derivada de esta (Starr, Taggart, Evers, & Starr., 2009).

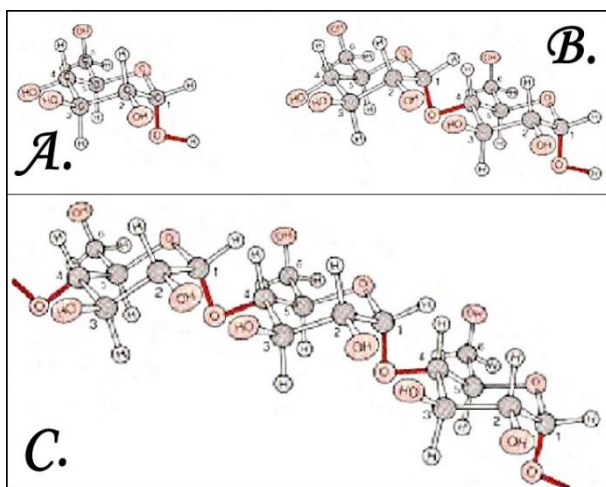


Figura 4.2. Tres compuestos formados por C, H y O. La glucosa es el monómero que forma el oligómero y el polímero.

- A. Glucosa, un monosacárido.
- B. Maltosa, un disacárido de dos glucosas.
- C. Fragmento de una molécula de amilosa, un polímero de glucosa.

(Extraída de Mathews, Van Holde, & Ahern, 2002, p.312).

Para funcionar, el organismo precisa de ocho monosacáridos esenciales. No obstante, si es necesario, todos pueden biosintetizarse a partir de precursores más sencillos, aunque es más eficiente energéticamente adquirirlos a partir de la ingesta diaria. Los ocho monosacáridos son: L-fucosa (6-desoxi-L-galactosa), D-galactosa, D-glucosa, D-manosa, N-acetil-D-glucosamina, N-acetil-D-galactosamina, D-xilosa y ácido N-acetil-D-neuramínico. Todos se utilizan como para la síntesis de los componentes glicoconjugados de las paredes celulares (McMurry, 2008).

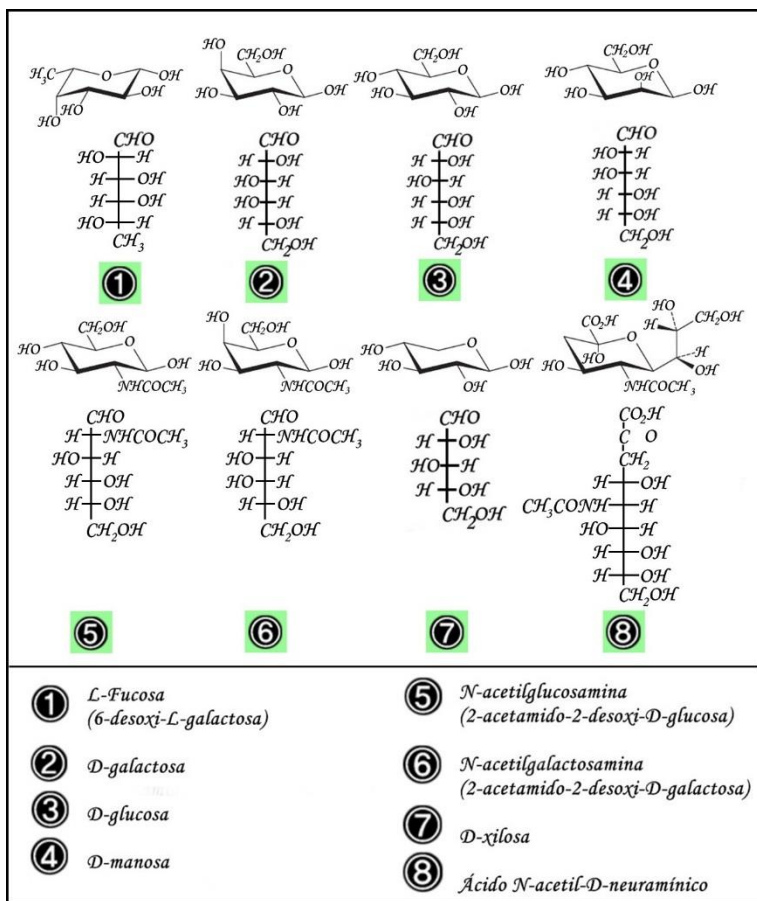


Figura 4.3. Estructura de los ocho monosacáridos esenciales para seres humanos.

(Basada en McMurry, 2008, p.996)

La producción de energía celular se ve favorecida gracias al metabolismo de los almidones, azúcares y celulosa los cuales son carbohidratos. En tanto que esta última es el principal componente de las paredes que rodean a las células vegetales. En un monosacárido, todos los carbonos excepto uno están unidos a un grupo hidroxilo; este carbono se caracteriza por tener un enlace doble con un átomo de oxígeno, generando un grupo carbonilo (Solomon, Berg, & Martin, 2013).

Si el carbonilo está en el final de la cadena, el monosacárido es un aldehído; si el grupo carbonilo está en una posición distinta, el monosacárido es una cetona. (Por convención, la numeración del esqueleto de carbono o cadena carbonada de un azúcar comienza a partir del grupo carbonilo terminal, o con el carbono más cercano al

extremo del carbonilo de la cadena abierta). La gran cantidad de grupos hidroxilo polares, más el grupo carbonilo, les concede a los monosacáridos propiedades de afinidad con sustancias polares. Los carbohidratos más simples representan los azúcares de tres carbonos (triosas): gliceraldehído y dihidroxiacetona. La ribosa y la desoxirribosa son pentosas comunes, es decir, azúcares de cinco átomos de carbono, son componentes estructurales de los ácidos nucleicos (ADN, ARN y compuestos relacionados). La glucosa, fructosa, galactosa y otros azúcares de seis átomos de carbono se denominan hexosas (Solomon *et al.*, 2013).

La glucosa ($C_6H_{12}O_6$), el monosacárido de mayor prevalencia en la naturaleza se utiliza en la gran parte de los organismos como fuente de energía. Durante la respiración celular, las células procesan oxidativamente moléculas de esta, transformando la energía almacenada en otra más sencilla de utilizar en el trabajo celular. La glucosa también se utiliza en la síntesis de otros tipos de compuestos, como aminoácidos y ácidos grasos. Este azúcar es tan relevante en el metabolismo, que los seres humanos y otros animales complejos presentan cierta evolución en los mecanismos para mantener sus niveles de concentración constantes en la sangre (Solomon *et al.*, 2013).

La fructosa y la glucosa son isómeros estructurales, lo que significa que tienen las mismas fórmulas moleculares, pero sus átomos se organizan en el espacio de diferente manera. En la fructosa, el oxígeno genera un enlace doble con un átomo de carbono dentro de la cadena a diferencia de hacerlo con un carbono terminal. Debido a estas diferencias, estos dos azúcares tienen propiedades distintas, un ejemplo de esto es el alto dulzor de la primera presente en la miel y la opacidad de sabor en la segunda. Contrario a lo que se pensaría, la disposición espacial de la glucosa y otros sacáridos presenta conformaciones anulares en lugar de lineales (Solomon *et al.*, 2013).

La glucosa disuelta (como se encuentra en la célula), comúnmente existe como un anillo de cinco carbonos y un oxígeno. Se ubica de esta manera cuando sus átomos experimentan un reacomodamiento, facilitando que se forme un enlace covalente entre el carbono 1 y el oxígeno unido al carbono 5. Cuando la glucosa genera un anillo, es posible la formación de dos isómeros que difieren sólo en la dirección del grupo hidroxilo (OOH) unido al carbono 1. Cuando este grupo hidroxilo se ubica en el mismo lado del plano del anillo, en el que se halla el grupo lateral $-\text{CH}_2\text{OH}$, la glucosa se llama beta glucosa (β -glucosa). Cuando el grupo OOH está en el lado contrario (con respecto al plano del anillo) al grupo lateral $-\text{CH}_2\text{OH}$, el compuesto se denomina alfa glucosa (α -glucosa). Si bien pueda parecer que las diferencias entre estos isómeros son minúsculas, tienen consecuencias significativas cuando los anillos se unen para conformar polímeros (Solomon *et al.*, 2013).

De los ocho monosacáridos primordiales, la galactosa, la manosa y la glucosa son aldohexosas sencillas, mientras que la xilosa es una aldopentosa. La fucosa es un *azúcar desoxi*, que significa que tiene una estructura con un oxígeno “faltante”. Esto es, un grupo $-\text{OH}$ (el del C6) es reemplazado por un $-\text{H}$. La *N*-acetilglucosamina y la *N*-acetilgalactosamina son derivados de amida de *azúcares amino* en los que un $-\text{OH}$ (el que está en C2) es reemplazado por un grupo $-\text{NH}_2$. El ácido *N*-acetilneuramínico es el compuesto esencial de los *ácidos siálicos*, un grupo de más de 30 compuestos con modificaciones diferentes, que incluyen varias oxidaciones, sulfataciones y metilaciones (McMurry, 2008).

Teniendo en cuenta que la descripción de los glúcidos se denomina con las letras D y L, en la proyección Fisher para un monosacárido, debe ser colocado en la parte superior un grupo carbonilo (para las aldosas) o al menos tan cerca de este como resulte posible hacerlo (para las cetosas). Partiendo de esto, se puede evidenciar la presencia de cuatro centros asimétricos en la Galactosa (C2 – C5). Así, si el grupo alcohol (OH) enlazado al centro asimétrico de más inferior (considerando que el carbono en segunda posición desde el fondo) se encuentra hacia la derecha, resulta un compuesto D-Azúcar; mientras que si se halla hacia la izquierda, se nombrará como un L-Azúcar; aunque en la naturaleza casi todos tienen configuración D (Yurkanis, 2007).

Los **monosacáridos** son los azúcares que no se logran hidrolizar hacia carbohidratos más simples. Además de aldehídos y cetonas, los alcoholes polihídricos (alcoholes azúcar o **polioles**), en los cuales el grupo aldehído o cetona se ha reducido a un grupo alcohol, también se encuentran de modo natural en los alimentos. Son sintetizados por medio de reducción de monosacáridos para uso en la manufactura de alimentos para reducción de peso y para diabéticos. Se absorben poco y sólo producen alrededor de la mitad del rendimiento de energía de los azúcares (Bender, 2010).

Son conocidos más de 200 monosacáridos distintos que se agrupan por la cantidad de carbonos que contienen, si son polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas. Las aldosas y las cetosas se subcategorizan según sea la cantidad de átomos de carbono en la cadena principal (Carey, 2006). Los monosacáridos son las unidades monoméricas de todos los hidratos de carbono. Se forman a partir de precursores que se obtienen de CO_2 y el H_2O por medio de la fotosíntesis. Los organismos heterótrofos (como animales) adquieren los monosacáridos de los nutrientes ingeridos. La característica más importante de los monosacáridos es que responden a la fórmula $(\text{CH}_2\text{O})_n$, encontrándose n en un rango de 3 a 7 (Feduchi, Blasco, Romero, & Yáñez, 2010).

Teniendo esto en cuenta, el estudio de las propiedades generales y de las estructuras de los glúcidos está basado en la glucosa, por su carácter de frecuente y alta relevancia bioquímica. La fórmula más desarrollada de esta muestra una molécula recta de cadena, con cinco átomos de carbono con enlaces a grupos funcionales alcohol y uno enlazado a un aldehído. Así, los carbonos 2, 3, 4 y 5 resultan ser asimétricos, por lo que el número total de isómeros equivale a 2^n , siendo n , precisamente, la cifra suma de C asimétricos, es decir, existen 16 compuestos que pueden contar con este orden estructural; tres de ellos son los más comunes hallados de forma natural: la D-Glucosa, la D-Manosa y la D-Galactosa, cada una de estas con su cambio espacial individual; a su vez, estos derivan del D-gliceraldehído (Laguna, Piña, Martínez, Pardo & Riveros, 2009).

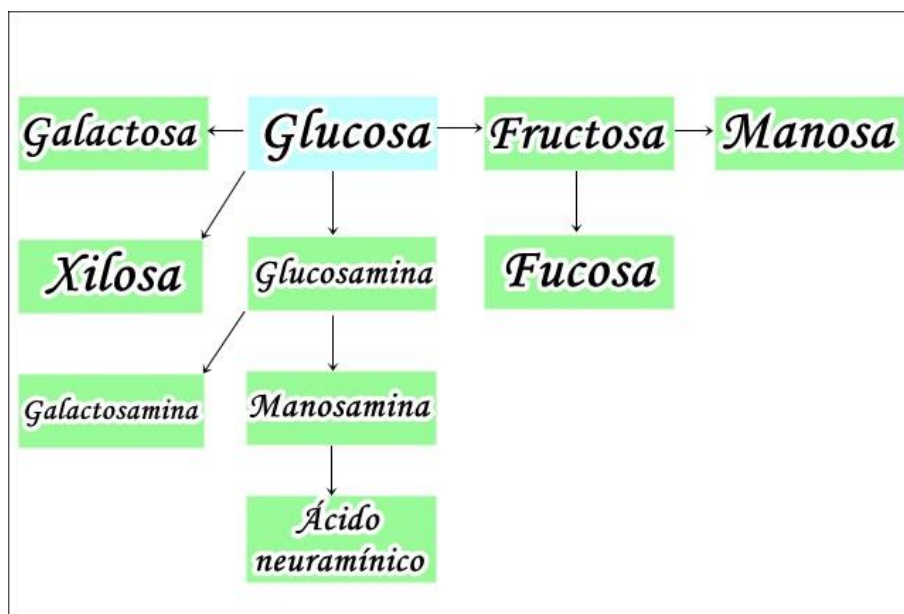


Figura 4.4. Visión de las rutas biosintéticas de los ocho monosacáridos esenciales.

(Basada en McMurry, 2008, p.997)

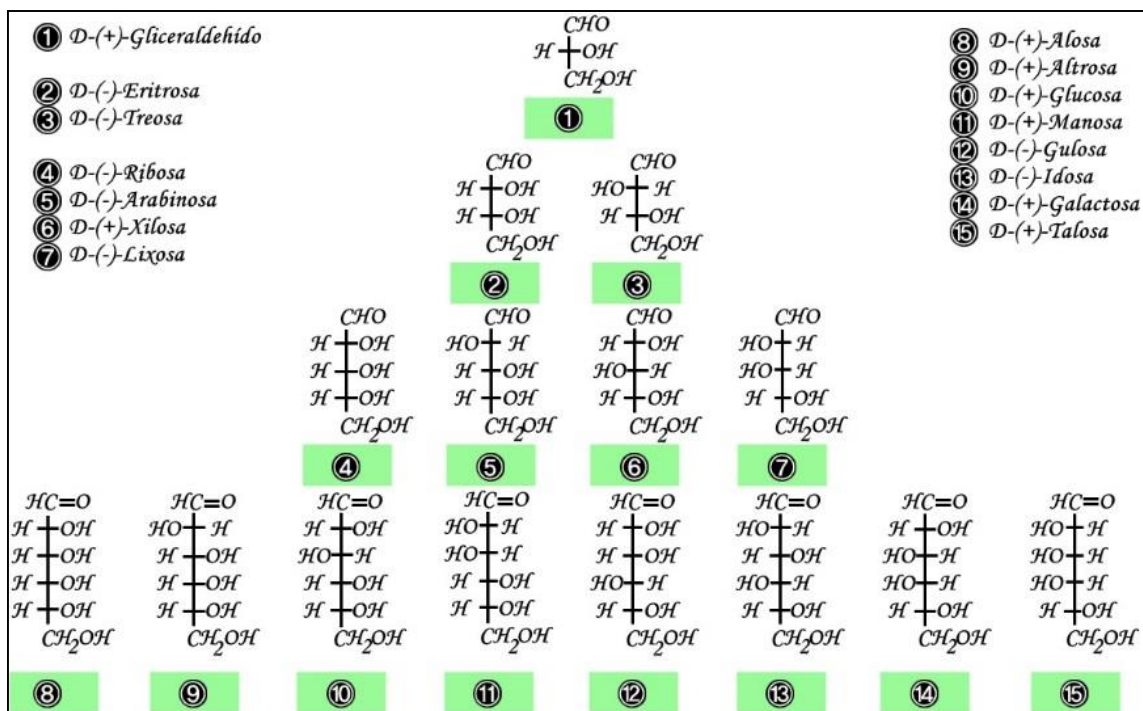


Figura 4.5. Configuración de la serie D de aldosas que contienen de tres a seis átomos de carbono.

(Basada en Yurkanis, 2008, p.982; y complementado en Carey, 2006, p.1044)

Existe una gran cantidad de azúcares simples de importancia biológica; no obstante, la glucosa es el más importante de estos, el que más abunda en la naturaleza, el más característico en el metabolismo celular y es el monosacárido principal en la mayoría de los polisacáridos. De otro lado, hay otras aldohexosas significativas como la galactosa y la manosa; así como entre las cetohexosas la más prominente es la fructosa. De la misma manera, dentro de las aldopentosas se hallan moléculas de interés biológico, como la ribosa, por hacer parte de importantes nucleótidos, como el ATP (Feduchi *et al.*, 2010). “Entre las aldopentosas, la D-ribosa es un componente de muchas sustancias de gran importancia biológica, las más notables son los ácidos ribonucleicos” (Carey, 2006, p. 1043).

Existen dos triosas: la *dihidroxiacetona* y el *gliceraldehído*. Estas moléculas poseen características propias de los azúcares y, asimismo, representan las dos clases principales de monosacáridos. Los dos tienen una misma composición a nivel atómico, lo que los hace tautómeros, es decir, isómeros estructurales que se diferencian por la posición de los enlaces dobles y de sus H; y mediante un intermediario enediol inestable pueden convertirse uno en el otro. Estas interconversiones se producen en cierta medida entre todos los pares de monosacáridos aldosas y cetosas, pero las reacciones suelen ser lentas si no están catalizadas. Existen en la naturaleza monosacáridos con siete o aún más carbonos, pero en general son de escasa importancia. No obstante, la *sedoheptulosa*, desempeña un puesto importante en la fijación del CO₂ en la fotosíntesis (Mathews, Van Holde, & Ahern, 2002).

Los glúcidos formados por cuatro o más átomos de Carbono se hallan generalmente en formas cíclicas. En disolución de agua se genera la formación de un anillo a causa de los grupos cetona y aldehído que reaccionan reversiblemente con los hidroxilos que tiene el azúcar para originar hemiacetales y hemiacetales cíclicos, respectivamente. Tanto los unos como los otros, generados gracias a las moléculas que tienen uno de los grupos mencionados reaccionando con un alcohol, son inestables y regresan a sus formas previas con relativa facilidad. Aun así, cuando el grupo funcional OH y el aldehído o la cetona forman parte de una misma molécula resulta una reacción de ciclación intramolecular que puede dar origen a productos estables. Aquellos con cinco o seis átomos son los anillos cíclicos hemiacetal o hemiacetal que muestran mayor estabilidad. Cuando se da tal ciclación, se crea un nuevo centro quiral en el C carbonilo; este carbono es denominado *átomo de carbono anomérico*. En ese orden de ideas, los anómeros son los dos diastereómeros viables que se pueden formar a través de la reacción de ciclación (McKee & McKee, 2003).

AZÚCAR	FUENTE	IMPORTANCIA BIOQUÍMICA Y CLÍNICA
D-Ribosa	Ácidos nucleicos e intermediario metabólico.	Componente estructural de ácidos nucleicos y coenzimas, entre ellos ATP, NAD(P) y coenzimas flavina.
D-Ribulosa	Intermediario metabólico.	Intermediario en la vía de la pentosa fosfato
D-Arabinosa	Gomas vegetales.	Constituyente de glucoproteínas.
D-Xilosa	Gomas vegetales, proteoglucanos, glucosaminoglucanos.	Constituyente de glucoproteínas.
L-Xilulosa	Intermediario metabólico.	Se excreta en la orina en la pentosuria esencial.

AZÚCAR	FUENTE	IMPORTANCIA	
		BIOQUÍMICA	CLÍNICA
D-Glucosa	Jugos de frutas, hidrólisis del almidón, azúcar de caña o de remolacha, maltosa y lactosa.	El principal combustible metabólico para tejidos; “azúcar en sangre”	Se excreta en la orina (glucosuria) en la diabetes mellitus mal controlada como resultado de hiperglucemia.
D-Fructosa	Jugos de frutas; miel; hidrólisis de azúcar de caña o de remolacha, y de inulina; isomerización enzimática de jarabes de glucosa para la manufactura de alimentos.	Se metaboliza con facilidad por medio de glucosa o de modo directo.	La intolerancia hereditaria a la fructosa conduce a su acumulación e hipoglucemia.

D-Galactosa	Hidrólisis de lactosa.	Se metaboliza con facilidad hacia glucosa; se sintetiza en la glándula mamaria para síntesis de lactosa en la leche. Un constituyente de glucolípidos y glucoproteínas.	La galactosemia hereditaria como resultado de fracaso para metabolizar galactosa da pie a cataratas.
D-Manosa	Hidrólisis de gomas manano vegetales	Constituyente de glucoproteínas.	

Cuadro 4.2. *Importancia fisiológica de diferentes monosacáridos.*

Arriba. *Pentosas de importancia fisiológica.*

Abajo. *Hexosas de importancia fisiológica.*

(Basado en Bender, 2010, p.116.

Capítulo 14 del libro *HARPER Bioquímica Ilustrada* de Murray, Bender, Botham, Kennelly, Rodwell, y Weil).

En los azúcares aldosa, el grupo hidroxilo del inicialmente generado hemiacetal se produce en el primer carbono y tiene lugar encima del anillo o por debajo del anillo. Cuando el hidroxilo se encuentra hacia abajo, su composición se halla en la forma anomérica α . Si este grupo está vista arriba, tal estructura se encuentra en la forma anomérica β . En las estructuras de Fischer, el hidroxilo anomérico α se produce hacia la derecha y el hidroxilo β virando hacia la izquierda. Cabe resaltar que, como se mencionó, los anómeros se definen en relación a la clasificación de azúcares D- y L-. Las reglas anteriores sólo se aplican a los azúcares en posición D, los más usuales en la naturaleza. En los azúcares L el grupo OH α -anomérico se encuentra por encima del anillo (McKee & McKee, 2003).

4.2.2 MODIFICACIONES DE MONOSACÁRIDOS EN LAS CÉLULAS

Teniendo en cuenta las reacciones químicas posibles que pueden llevar a cabo los grupos funcionales propios de los monosacáridos, como son los grupos hidroxilo, carbonilo (ceto o aldehído), y otros; se pueden analizar aquellas modificaciones que sufren algunos azúcares en la célula y que adquieren cierta importancia biológica (Feduchi *et al.*, 2010).

4.2.2.1. Oxidaciones. Si la oxidación sucede en el grupo aldehído, convirtiéndose en un grupo carboxilo, se genera un ácido aldónico, como es el caso del glucónico en la oxidación del C-1 de la glucosa (se añade el sufijo *-ónico* después del nombre de la aldosa de la que proviene). La posibilidad de ser oxidados genera que los monosacáridos logren el poder reductor, siendo esta una de las características principales de estas moléculas para su reconocimiento por métodos bioquímicos. Por lo cual la mayoría de los azúcares simples poseen un gran potencial de reducción y todos pueden reducir ciertos agentes químicos como

los iones de Cu^{2+} , generando el cambio de color del precipitado de cobre que evidencia la presencia de un sacárido sencillo en la muestra a reconocer (Feduchi *et al.*, 2010).

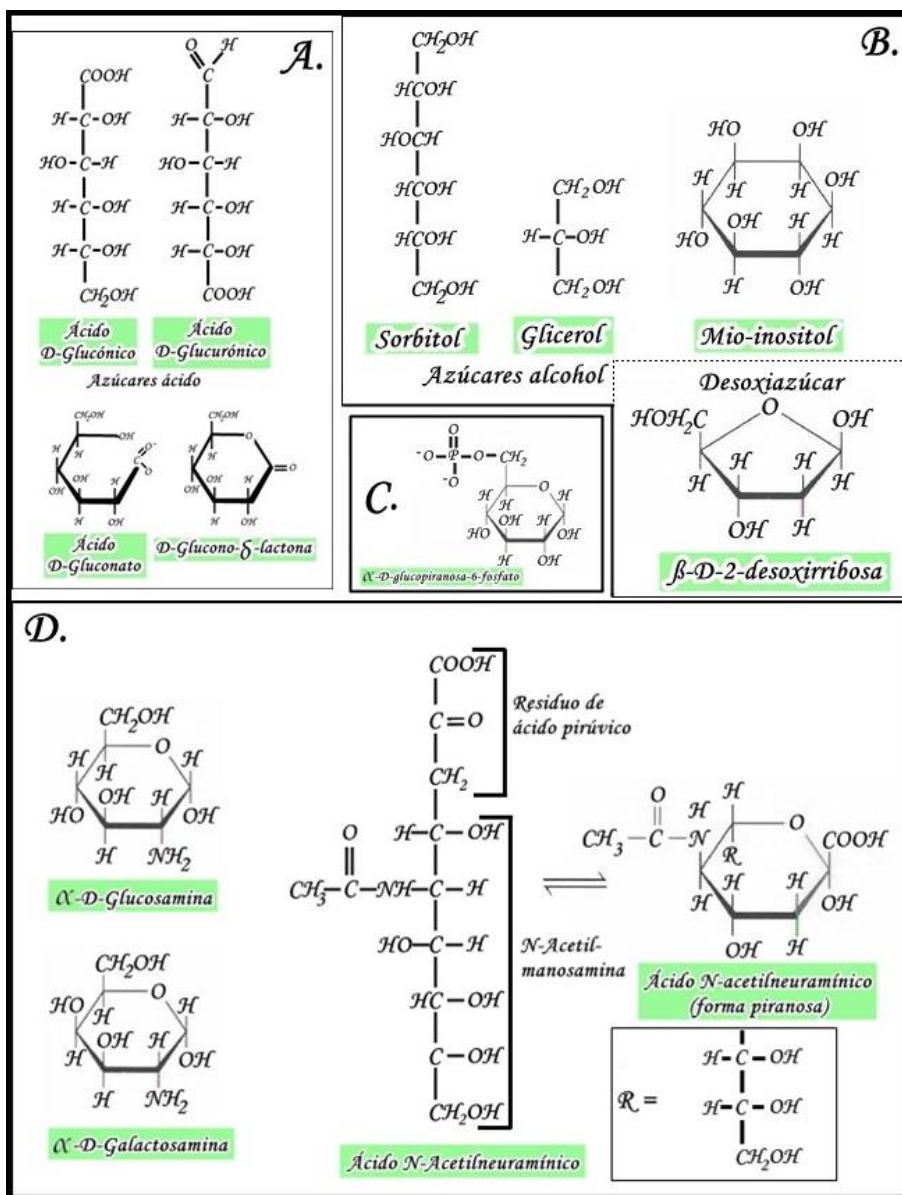


Figura 4.6. Diferentes modificaciones de Monosacáridos.

Modelos moleculares de monosacáridos modificados de mayor relevancia en sistemas biológicos.

- A. Oxidación
- B. Reducción
- C. Esterificación
- D. Aminoazúcar

(Basada en Feduchi *et al.*, 2010, p.29).

Si el alcohol primario sufre el cambio oxidativo se convierte en un ácido urónico, como el glucurónico en presencia de glucosa. En este caso puede exhibirse en forma ciclada y es un azúcar ácido muy usual en los polisacáridos de las células animales. En condiciones naturales se encontrará ionizado y tendrá una carga negativa, llamándose *glucuronato*. Se puede dar la oxidación de dos carbonos en la cadena terminal, por lo cual aparece la forma aldárica, con un par de grupos carboxilos. Las lactonas se reconocen como una de las formas cicladas; no obstante, en este caso gracias a un enlace éster entre el carboxilo oxidado del carbono 1 y un alcohol en misma molécula, usualmente el carbono 5. Una muestra de esto es la vitamina C o ácido ascórbico (Feduchi *et al.*, 2010).

La oxidación de las aldosas sucede a nivel del grupo aldehídico o del grupo alcohólico del carbono 6, o en ambos sitios, es decir, se pueden formar tres tipos de derivados oxidados:

- ✓ *Ácidos aldónicos*. Un grupo carboxilo ácido (COOH) se origina a partir de la oxidación del grupo aldehídico de una aldosa, formando de tal forma los ácidos aldónicos: La manosa produce ácido manónico; la glucosa, el glucónico, etc.
- ✓ *Ácidos sacáricos*. Grupos ácidos formados tanto en el alcohol primario como en el aldehído se originan en otro grado más avanzado de oxidación, lo que produce ácido dicarboxílicos, llamados genéricamente sacáricos.
- ✓ *Ácidos urónicos*. Al formarse solamente un grupo carboxílico en el alcohol primario a partir de la oxidación de una aldosa conservando inalterado el grupo aldehído, se genera un ácido urónico; con el ácido D-glucurónico como el representante más relevante (Laguna *et al.*, 2009).

4.2.2.2. Reducciones. Los grupos cetona y aldehído pueden también presentar reducciones a grupos OH mediante reacciones químicas. Así, existen varios azúcares alcohol o **alditoles**, que se hallan en el medio intracelular como lo es el mio-inositol (presente en varios lípidos de la membrana), el glicerol y el ribitol, uno de los componentes que se encuentran en la flavina adenindinucleótido (FAD). Otros de estos se han utilizado como edulcorantes, tales como el sorbitol, por reducir la glucosa, y el xilitol. Los desoxiazúcares son otra forma que existe entre los monosacáridos reducidos, donde un grupo alcohol se reemplaza por un H. El más importante de ellos es la β -D-2-desoxirribosa, por estar en el ADN (Feduchi *et al.*, 2010).

Las aldosas y cetosas al reducirse transforman en un alcohol polihidroxílico al monosacárido y al grupo aldehídico o cetónico en un alcohol. Por lo cual, de la D-glucosa se obtiene D-sorbitol. Un alcohol de estos, el de tres átomos de carbono, es denominado glicerol, relevante por hacer parte de los triacilglicéridos y muchos fosfolípidos. Hay otros alcoholes, los ciclitoles; el más característico en la naturaleza es el meso-inositol, con actividad vitamínica y, conjuntamente, forma parte de ciertos fosfolípidos; en su estructura fosforilada se le han agregado fundones de *mensajero* al responder a algunas hormonas (Laguna *et al.*, 2009).

4.2.2.3. Esterificaciones. Los numerosos grupos hidroxilos presentes en los monosacáridos permiten la unión mediante enlaces éster de un ácido fosfórico, formando los azúcares fosfato, de alto valor energético, por lo que tienen una gran relevancia biológica. La D-glucosa 6-fosfato y la D-gliceraldehído-3-P son importantes intermediarios metabólicos de la

oxidación de la D-glucosa. Además, la D-desoxirribosa y D-ribosa también son esterificadas para ser anexas en la síntesis de ácidos nucleicos. Cabe resaltar, que la esterificación se produce por una transferencia del grupo fosforilo en una reacción catalizada por enzimas denominadas quinasas y no por una incorporación del ácido fosfórico (Feduchi *et al.*, 2010).

4.2.2.4. Aminoazúcares. Al generarse la sustitución del grupo OH del C-2 de un carbohidrato por una amina (—NH_2), se genera un aminoazúcar. La D-glucosamina y la D-galactosamina son aminoazúcares muy frecuentes en polisacáridos. Además, estas aminas llegan a acetilarse por medio de enlaces amida, transformándose, por ejemplo, en N-acetilglucosamina. Otro precedente aminado relevante es el N-acetilmurámico, aminoazúcar que posee un ácido carboxílico de tres carbonos (ácido láctico) esterificado en el C-3 del glúcido. Un derivado aminoazúcar ácido significativo por hallarse en muchos componentes glucoconjugados y glucolípidos de las membranas de células animales es el N-acetilneuramínico; este y sus productos se llaman ácidos siálicos (Feduchi *et al.*, 2010).

4.2.3 METABOLISMO CELULAR DE MONOSACÁRIDOS

Una de las principales y más relevantes rutas del metabolismo celular es la que se encarga de metabolizar los glúcidos. Entre los azúcares usados como fuente de energía destaca la glucosa, por ser esta la base de muchos polisacáridos y desempeñar un papel importante en este proceso biológico (Feduchi *et al.*, 2010).

4.2.3.1. Glucólisis. La ruta de catálisis de la glucosa se denomina glucólisis. Es una ruta esencial del metabolismo, debido a que constituye uno de los primeros pasos en el procesamiento y aprovechamiento de la glucosa para la obtención de ATP para la célula. La ruta metabólica oxidativa de la glucosa se denomina glucólisis, ya sea por medio de su degradación para formar piruvato o mediante su fermentación para dar ácido láctico. La glucólisis es la forma más veloz de producir energía para una célula y, en el metabolismo de glúcidos, usualmente es la vía principal de combustión. El ejemplo de glucólisis más usual y más estudiado es la *vía de Embden- Meyerhoff*, expuesta en un principio por Gustav Embden y Otto Meyerhoff. La ruta se encuentra estructurada por diez reacciones enzimáticas que facilitan la transformación de una molécula de glucosa a dos de piruvato por medio de un proceso catabólico. Esta dinámica sucede en el citosol o citoplasma de la célula, tanto eucariotas como procariotas, puesto que en células vegetales algunas de las reacciones glucolíticas se hallan igualmente en el ciclo de Calvin (fase de fijación del CO_2 de la fotosíntesis) que sucede en los cloroplastos (Feduchi *et al.*, 2010).

De manera clásica, la glucólisis está separada en dos fases para su entendimiento: la *fase preparativa* y la *fase de beneficios* o de rendimiento energético:

4.2.3.1.1. Fase Preparativa. Involucra la conversión y rompimiento de la glucosa en dos triosas fosfato, el gliceraldehído-3-fosfato y la dihidroxiacetona fosfato, en las cuales existe un balance bioquímico. En esta fase se genera un gasto energético: dos moléculas de ATP por cada una de glucosa. El propósito de esta fase es la de impulsar y disponer las moléculas de esta hexosa para su posterior metabolismo (Feduchi *et al.*, 2010).

- ✓ **Fosforilación de la glucosa a glucosa-6-fosfato:** Requiere el consumo de una molécula de ATP y, en las condiciones naturales, es una reacción sin posibilidad de revertirse. Esta reacción se cataliza por la enzima hexoquinasa, cabe resaltar que en el hígado igualmente se puede llevar a cabo a través de la glucoquinasa.
- ✓ **Conversión de la glucosa-6-fosfato a fructosa-6-fosfato** La enzima fosfoglucoisomerasa es la que cataliza esta reacción reversible.
- ✓ **Fosforilación de la fructosa-6-fosfato a fructosa-1,6-bisfosfato:** Se cataliza por la fosfofructoquinasa-1, requiere de una segunda molécula de ATP y, en las condiciones naturales, en una reacción no reversible.
- ✓ **Escisión de la fructosa-1,6-bisfosfato en dos triosas fosfato:** La dihidroxiacetona fosfato y el gliceraldehído-3-fosfato. La reacción se cataliza por una aldolasa y, generalmente, no es reversible.
- ✓ **Interconversión de las triosas fosfato:** El catalizador es la enzima triosa fosfato isomerasa. Existe un equilibrio que se halla inclinado a la producción de gliceraldehído-3-P, debido a que este compuesto es el que continúa en las reacciones posteriores de la glucólisis (Feduchi *et al.*, 2010).

4.2.3.1.2. Fase de Rendimiento Energético. Involucra la transformación de la molécula de gliceraldehído-3-fosfato en ácido pirúvico por medio de una cadena de reacciones que generan energía. Se logran cuatro moléculas de ATP y dos de NADH + H⁺ por cada una de glucosa, por lo cual produce más energía que la usada en la fase inicial, lo que da una ganancia neta de 2 ATP y 2 NADH + H⁺ por molécula de glucosa. La energía que se genera de la oxidación del gliceraldehído-3-fosfato es utilizada para realizar todo tipo de funciones citológicas. En esta fase de rendimiento se produce el doble por cada molécula de glucosa que se hidroliza, por lo que, en cada una de las vueltas, se metaboliza sólo una de las dos triosas fosfato en que se rompió (Feduchi *et al.*, 2010).

- ✓ **Oxidación del gliceraldehído-3-fosfato a 1,3-bisfosfoglicerato:** En este momento el grupo aldehído sufre un proceso oxidativo hasta transformarlo en ácido, lo cual permite la producción de una molécula de NADH + H⁺, al mismo tiempo que se utiliza para fijar un grupo fosfato que facilitará en la posterior reacción ganar energía en forma de un nucleótido trifosfato. La reversibilidad de esta reacción es conocida y la enzima gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa la cataliza. Así pues, se inicia el primer paso de la fase de beneficios, paso que se volverá a hacer posteriormente con la molécula de dihidroxiacetona que, gracias a la triosa fosfato isomerasa, se transformará en una molécula nueva de gliceraldehído-3-fosfato.
- ✓ **Primera fosforilación a nivel de sustrato:** en esta reacción se genera la producción de una molécula de ATP mediante el traspaso de un grupo fosfato desde el 1,3-bisfosfoglicerato hacia un ADP, generando ATP y un 3-fosfoglicerato. Se cataliza gracias a la fosfoglicerato quinasa, y la reacción es reversible.
- ✓ **Conversión del 3-fosfoglicerato a 2-fosfoglicerato:** La enzima fosfoglicerato mutasa es la encargada de esta reacción. Se caracteriza por su reversibilidad.
- ✓ **Deshidratación del 2-fosfoglicerato a fosfoenolpiruvato:** Es catalizada por la enzima denominada enolasa. Es una reacción de carácter reversible y facilita la generación de un enlace fosfato de gran energía, siendo utilizado en el siguiente paso para generar un nucleótido trifosfato, una molécula energética.

- ✓ **Segunda fosforilación a nivel de sustrato:** gracias a la reacción descrita se genera una molécula de ATP, a través de la transferencia de un grupo fosfato desde el fosfoenolpiruvato hasta un ADP, liberando ATP y piruvato, por acción de la enzima piruvato quinasa. Esta es una reacción irreversible en condiciones fisiológicas (Feduchi *et al.*, 2010).

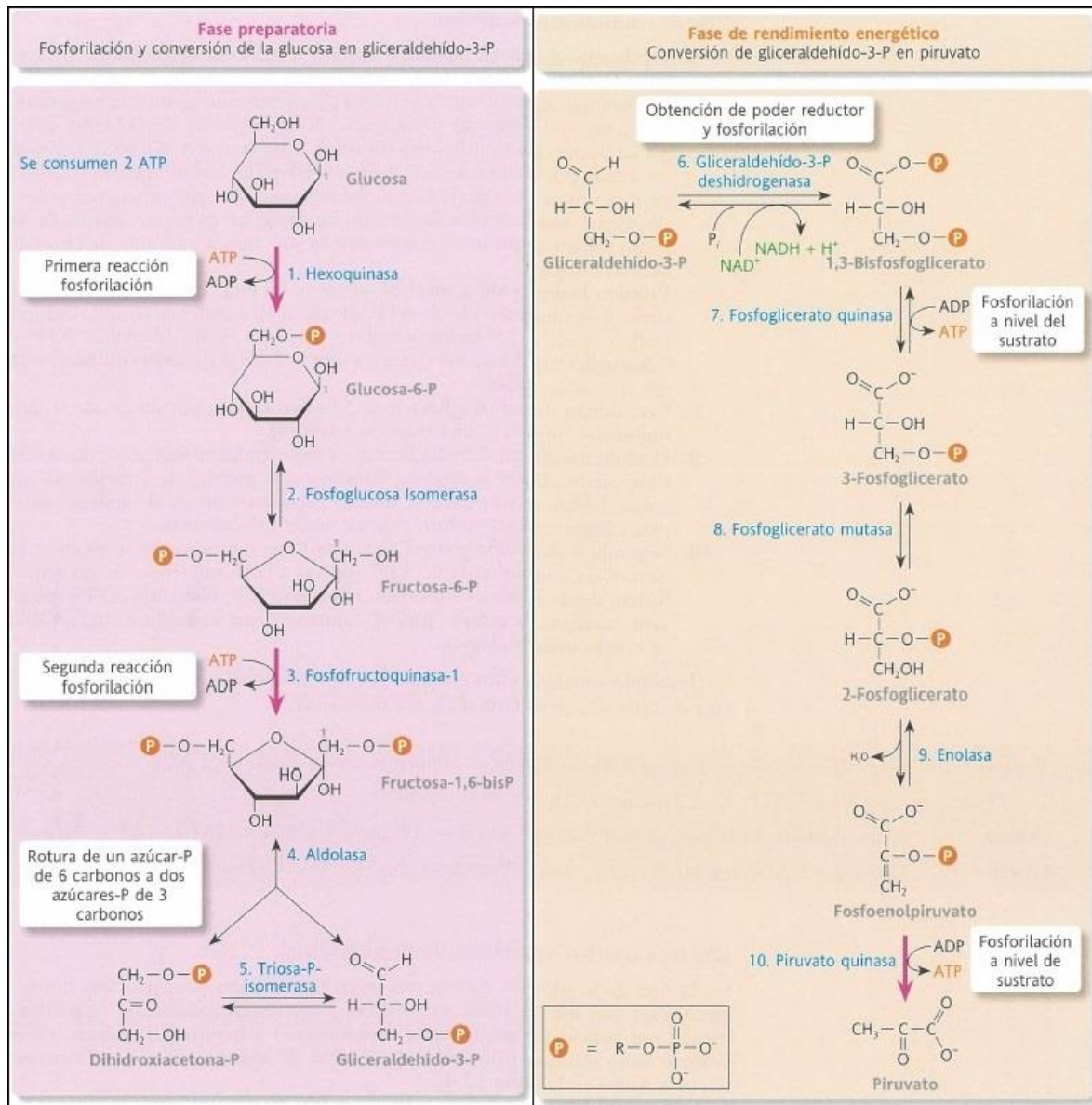
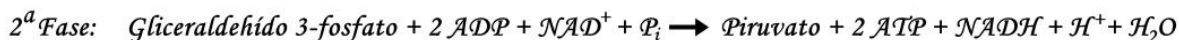
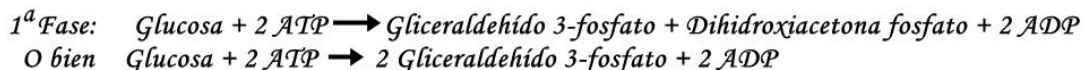


Figura 4.7. Reacciones y fases de la ruta glucolítica.
(Extraída de Feduchi *et al.*, 2010, p.219).

Teniendo en cuenta estos procesos la ecuación global o balance de la glucólisis y de cada una de las fases de la glucólisis sería (Feduchi *et al.*, 2010, p.220):



4.2.3.1.3. Puntos Regulados de la Glucólisis. Existen tres pasos importantes en términos de regulación en la glucólisis, correspondientes con las tres fases no reversibles y que están catalizados, individualmente, por la hexoquinasa, la fosfofructoquinasa-1 y la piruvato-quinasa. Están reguladas estas enzimas alostéricamente, en general (Feduchi *et al.*, 2010).

- ✓ La **hexoquinasa** se regula alostéricamente gracias a su producto, la glucosa-6-fosfato, inhibe la acción de esta enzima. Igualmente se ve inhibida por ATP, una guía de que las necesidades de energía en la célula están satisfechas. Esta regulación equilibra la cantidad de glucosa que se podrá aprovechar en la oxidación (Feduchi *et al.*, 2010).
- ✓ La **fosfofructoquinasa-1**. La fructosa-2,6-bisfosfato y el AMP (un indicador de una baja producción de energía) son los encargados de la activación y se ve inhibida por citrato, ATP y H^+ . Los protones se regulan previniendo quizás un daño por un aumento del nivel de acidez, debido a que el producto resultante de la ruta metabólica puede generar fácilmente ácido láctico, que resultará ser causa de una acidosis. La fructosa-2,6-bisfosfato se genera por la acción de la fosfofructoquinasa-2 o PFK-2/FBPasa-2, que es una enzima regulada por la liberación de insulina y el glucagón, lo cual facilita un control hormonal de la oxidación de la glucosa. Así, pues, esta hormona pancreática indica un aumento en el nivel de glucosa en sangre, favorece la glucólisis y la finalidad es que aminora los niveles de glucosa en plasma; contrariamente el glucagón actúa de manera opuesta inhibiendo este proceso. Los demás elementos del control de la fosfofructoquinasa-1 comunican del nivel de energía celular, es decir, si la célula tiene un bajo nivel energético, la glucólisis se aumenta y viceversa (Feduchi *et al.*, 2010).
- ✓ Para finalizar, el último punto controlado en la ruta metabólica glucolítica es la denominada fosforilación cuyo catalizador es la **piruvato-quinasa**. Resulta inhibida esta reacción en el momento en el que hay suficiente ATP o se hallan otros precursores para generar energía como el acetil CoA o la alanina, y está favorecida por la presencia de AMP y fructosa-1,6-bisfosfato. Este compuesto posibilita la transmisión de la información que controla el paso de la fructoquinasa-1. La piruvato-quinasa también evidencia una regulación por conversión covalente a través de un sistema de fosforilación y desfosforilación regulado de manera hormonal por el glucagón. Así pues, si se encuentra que los niveles de este son muy grandes, se estimula una proteína quinasa A que genera la fosforilación y por tanto la inhibición de la piruvato-quinasa (Feduchi *et al.*, 2010).

4.2.3.1.4. Entrada de otros Monosacáridos en la Ruta Glucolítica. La ruta de la glucólisis no tiene como función únicamente degradar la glucosa; además se utiliza para catabolizar otra serie de monosacáridos. Entre estos destacan la fructosa, la manosa y la galactosa. Por medio del gasto de una molécula de ATP, la manosa se va a ver activada mediante la hexoquinasa, dando origen a una manosa-6-fosfato que será isomerizada a fructosa-6-fosfato por acción de la fosfomanosa isomerasa, integrándose así en la glucólisis. La fructosa igualmente llega a fosforilarse a fructosa-6-fosfato por acción de la hexoquinasa e incorporarse a la ruta glucolítica. La fructosa ingresa en la ruta glucolítica a través de la fosforilación en posición I, lo que sucede en el hígado, y se cataliza por la fructoquinasa. La acción consecuente de una aldolasa rompe la fructosa-1-P en dihidroxiacetona fosfato y gliceraldehído. El gliceraldehído se fosforila posteriormente a gliceraldehído-3-fosfato, obteniendo dos triosas fosfato que serán utilizadas en la glucólisis. Existen fallos en esta dinámica metabólica paralela a la de la glucosa que genera la intolerancia a la fructosa. De la misma manera, la ruta de integración de la galactosa es algo más compleja, puesto que este monosacárido usualmente es usado para la generación de los oligosacáridos de los glucolípidos; estos son de gran importancia en la elaboración de las membranas celulares, fundamentalmente de neuronas. La galactosa se estimula, pero en esta ocasión por medio de su unión al UDP y, posteriormente, se convierte en UDP-glucosa, lo que se transformará en glucosa-6-fosfato y se unirá en la ruta glucolítica. Las enzimas que se encuentran en esta ruta se han relacionado con una serie de patologías llamadas galactosemias (Feduchi *et al.*, 2010).

4.2.3.2. Gluconeogénesis. Ruta de síntesis de glucosa, está presente en todos los seres vivos. Esto es cierto aun para animales que usan este monosacárido de manera exógena como fuente principal de energía. No obstante, la glucosa de fuentes externas o de reservas internas en la célula puede no estar disponible en todo momento. Por lo cual, los mamíferos de gran talla que no se han alimentado durante 16 a 24 horas ya han gastado sus reservas de glucógeno en el hígado. Algunos tejidos en los mamíferos, como el hepático y el renal, pueden generar glucosa mediante precursores sencillos, como lactato y alanina. Sometido a situaciones de ayuno, la gluconeogénesis genera casi toda la glucosa para el sistema. Se necesita la glucosa para metabolizar energía en ciertos tejidos, como el cerebral. En el ejercicio, los músculos transforman la glucosa en ácido pirúvico y lactato, que migran al hígado y son revertidos a este sacárido. Tanto en los elementos musculares como en el cerebro se consume mucha de la glucosa que se acaba de sintetizar. Algunos procariontes pueden convertir varios nutrientes a glucógeno y ésteres de glucosa fosfato (Horton, Moran, Scrimgeour, Perry, & Rawn, 2008).

Hay que tener en cuenta que el ácido pirúvico es el punto inicial para la formación de glucosa. Varias de las enzimas y compuestos intermedios son muy similares. Las siete reacciones cercanas al equilibrio en la vía glucolítica se generan en dirección inversa en la gluconeogénesis. Las reacciones enzimáticas, únicas de la gluconeogénesis, se necesitan para las tres reacciones metabólicamente irreversibles de la glicólisis. Tales reacciones son controladas por piruvato quinasa, fosfofructocinasa-1 y hexoquinasa. En la dirección de generación, son catalizadas por diferentes proteínas enzimáticas. Puesto que la ruta de síntesis de glucosa evolucionó previamente, es apropiado suponer que en la glucólisis las enzimas son de derivación de pasos (*bypass*) o de salto. Dichas etapas irreversibles de la gluconeogénesis fueron saltadas gracias al resultado evolutivo de tales compuestos enzimáticos, primordialmente la fosfofructocinasa-1 (Horton *et al.*, 2008).

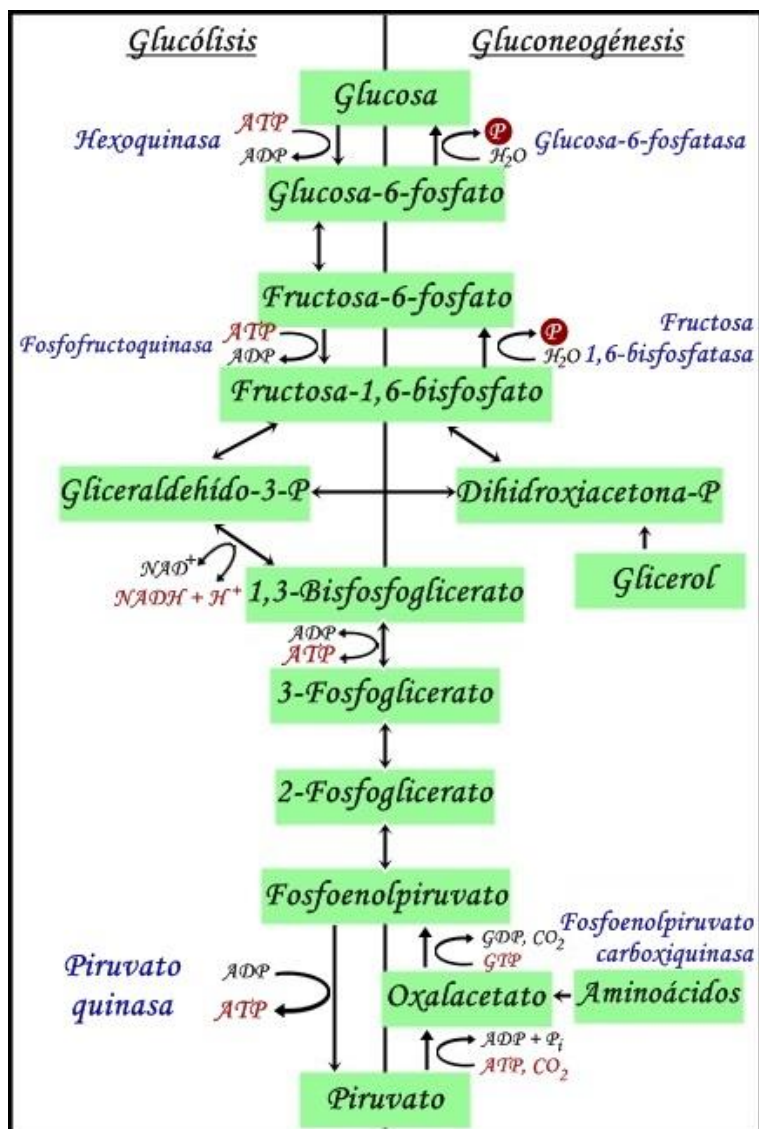
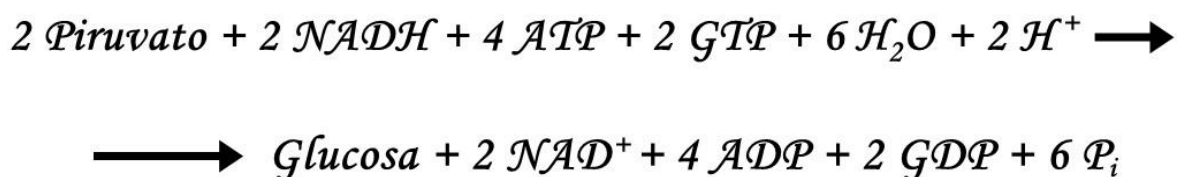


Figura 4.8. Pasos de la Glucólisis enfrentados a los de la Gluconeogénesis.

(Basada en Feduchi *et al.*, 2010, p.224).

“La síntesis de una molécula de glucosa a partir de dos de piruvato requiere cuatro moléculas de ATP y dos de GTP (en animales), así como dos moléculas de NADH. La ecuación neta para la gluconeogénesis es” (Horton *et al.*, 2008, p.358):



Se requiere de la acción de cuatro moléculas equivalentes al ATP para que la barrera termodinámica de la síntesis de dos fosfoenolpiruvatos, compuesto de alta energía, cuyo origen son dos piruvatos, se vea superada. Durante el proceso glucolítico esta reacción, en sentido contrario, es irreversible y su catalizador es la piruvato-quinasa. En el catabolismo, esta se acopla a la síntesis de ATP. Siendo así, para llevar a cabo la inversa de la reacción de glucólisis con la fosfoglicerato-quinasa como catalizador, se requieren dos moléculas de Adenosina Trifosfato. Durante la fase de hexosa de la gluconeogénesis, no se puede recuperar la energía gastada en la conversión de fructosa 1,6-bisfosfato a glucosa debido a que la primera no es intermediario de alto nivel energético. En el proceso lítico de la glucosa se gastan 2 ATP y se obtienen 4, con rendimiento de dos ATP y dos NADH. La síntesis de este glúcido consume en total 6 equivalentes de ATP y 2 NADH. Evidentemente, la biosíntesis necesita energía mientras que la degradación la libera (Horton *et al.*, 2008).

4.3. MARCO DISCIPLINAR BIOLÓGICO

4.3.1 HONGO

Los miembros del Reino Fungi se definen y son comúnmente conocidos por su gran diversidad, es decir, su riqueza y abundancia; en su grupo se encuentran a las setas, los mohos y las levaduras. Algo más de 100 000 especies de estos se han determinado y se cree que llegarían a existir poco menos de 1,5 millones de especies. Este grupo de organismo está separado evolutivamente del resto de plantas, bacterias y animales, estando más cercanamente relacionados con estos últimos. Los hongos habitan casi cualquier ambiente. Ciertas especies son acuáticas, usualmente de agua dulce; no obstante, se conocen algunos géneros marinos. Aun así, la mayoría de los hongos son terrestres. Se encuentran en el suelo o en vegetales muertos y desempeñan una relevante función en la mineralización del carbono orgánico (Madigan, Martinko, Dunlap, & Clark, 2009).

Gran cantidad de los hongos conocidos parasitan vegetales. En realidad, los hongos son patógenos por excelencia causando grandes pérdidas monetarias. Algunos de estos causan enfermedades en animales, aun en el ser humano; no obstante, en la generalidad, los micetos afectan más a otros organismos, es decir, el animal no es su principal hospedero. Este grupo es característico por establecer relaciones simbióticas con plantas, permitiéndole al vegetal adquirir minerales. Asimismo, una gran variedad favorece las labores del hombre, por medio de la síntesis de antibióticos y gracias a ciertos procesos de fermentación (Madigan *et al.*, 2009).

4.3.1.1. Nutrición y Fisiología. Los hongos son quimiorganótrofos, usualmente tienen necesidades nutricionales sencillas y en general son aerobios. Se alimentan mediante la secreción de enzimas extracelulares con las cuales digieren compuestos orgánicos complejos, como proteínas o polisacáridos, en sus estructuras constituyentes más básicas, como azúcares, péptidos, aminoácidos, entre otros. Estos compuestos son absorbidos y asimilados por la célula fúngica como fuentes de carbono, energía y demás nutrientes. Como saprófitos, los hongos digieren y asimismo reciclan, el material orgánico muerto como plantas muertas, troncos caídos, restos de hojas caídas y cadáveres de animales. Estos eucariontes recurren al

mismo tipo de alimentación al parasitar animales o vegetales, pero la adquisición de los nutrientes tiene como origen las células vivas del hospedero (Madigan *et al.*, 2009).

Los hongos poseen una función de gran relevancia dentro del ecosistema, entre las cuales están la descomposición de materias orgánicas. Los géneros que utilizan este medio de nutrición requieren de celulosa o lignina para generar energía; esta última es un biocompuesto conjugado en el cual los monómeros particulares son de carácter fenólico. Esta, a su vez, es un componente principal en las plantas con crecimiento secundario y les da su carácter rígido. Este compuesto es únicamente degradado en la naturaleza por los denominados *hongos de la podredumbre de la madera*. Existen dos tipos de degradación madera: la *podredumbre marrón*, en la cual la celulosa es el principal material degradado de este proceso, mientras que la lignina no se ve desintegrada, y la *podredumbre blanca*, en la que se transforman tanto la lignina como la celulosa. Estos últimos son muy necesarios en el ecosistema de bosques leñosos (Madigan *et al.*, 2009).

Varios setos son capaces de crecer en condiciones por demás adversas por cuanto acidez o temperatura se refiere; este factor sumado a la posibilidad de reproducirse por dispersión de esporas, convierten a los hongos en contaminantes comunes de alimentos, caldos de cultivo microbiológicos y toda clase de zonas (Madigan *et al.*, 2009).

4.3.1.2. Importancia Biológica y Médica. Los hongos producen compuestos químicos bastante útiles como medicinas. Alexander Fleming, en 1928 descubrió en el moho de una caja de Petri, el organismo encargado de producir la penicilina, hoy conocido como *Penicillium notatum*, Existen además variados medicamentos de origen fúngico como los antibióticos cefalosporinas (producidas por *Cephalosporium*), estatinas y las ciclosporinas (usadas para inhibir respuestas inmunológicas en enfermos que reciben trasplantes de órganos). La fumagilina, fármaco generado a partir del *Aspergillus fumigatus*, reduce la formación de vasos sanguíneos. Puesto que las masas tumorales sólidas requieren una provisión abundante de sangre, esta también es relevante como factor anticancerígeno. Asimismo, se utiliza para tratar enfermedades generadas por microsporidios. Los investigadores han hallado en una gran variedad de hongos otros compuestos como lo son antivirales o citolíticos de células cancerosas (Solomon *et al.*, 2013).

Claviceps purpurea, un ascomiceto, se conoce por ser un agente infeccioso en el cereal y el centeno. Genera un compuesto denominado *cornezuelo* donde se originaría una semilla en el ápice del grano. En el caso de que el ganado o el humano consuman alimentos contaminados por este, podrían llegar a intoxicarse por las sustancias con toxinas. No obstante, ciertos compuestos del cornezuelo son utilizados en la obstetricia para inducir al parto, pueden parar el sangrado uterino, manejar las altas presiones y mejorar un tipo de migraña (Solomon *et al.*, 2013).

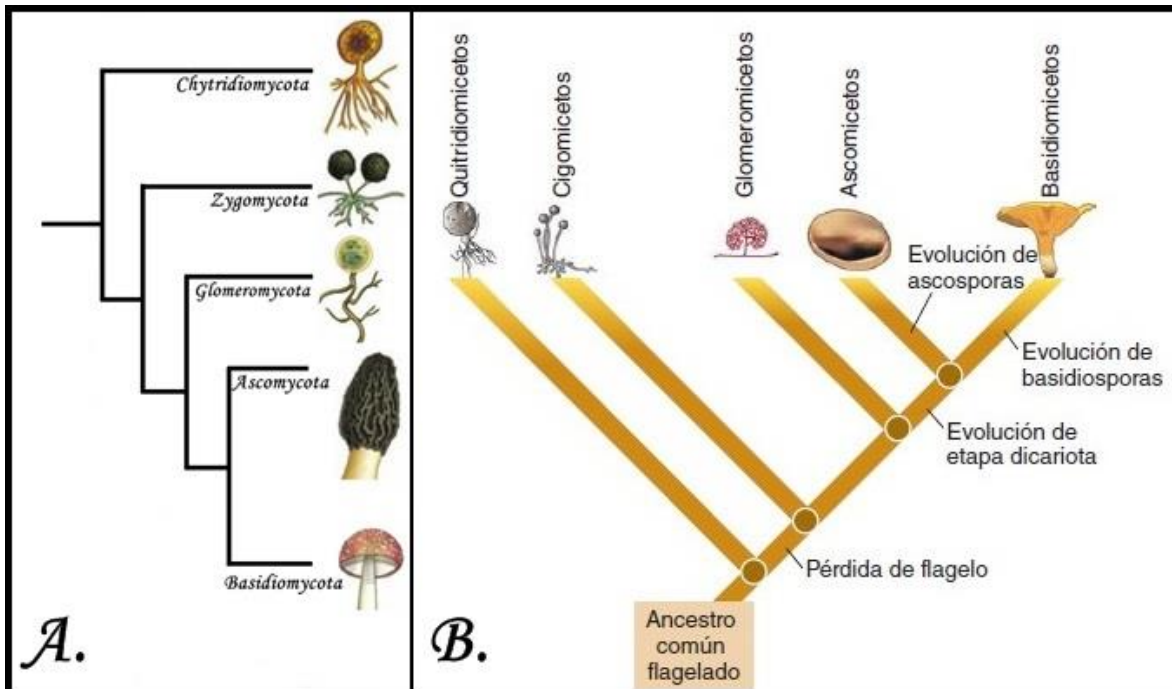


Figura 4.9. Filogenia Fúngica.

- A. Árbol filogenético del Reino Fungi con base en la secuencia del gen que codifica el ARNr 18S (Basado en Madigan *et al.*, 2009, p.596).
- B. Cladograma de grupos conocidos en la actualidad. Se presentan las características comunes en los diferentes parentescos filogenéticos (Extraído de Solomon *et al.*, 2013, p.606)

4.3.1.3. Filogenia de los Hongos. Junto con los animales, los hongos comparten en su filogenia un ancestro en común, el cual es más cercano que con cualquier otro eucarionte. Así pues, estos dos grupos, fungi y animal, se consideran grupos pares o hermanos. El linaje más antiguo de los hongos son los quitridiomycetos que, se calcula, se separaron de los animales hace más de 1500 millones de años; este es un grupo inusual en el cual las células generan esporas móviles (zoosporas). Por lo tanto, no es aventurado decir que el carácter de espora móvil es un rasgo que se perdió en su evolución. La filogenia se basa en el contraste de secuencias del SSU rRNA, útil para determinar separaciones próximas entre organismos eucariotas, pero no para muy distantes; que define diversos grupos fúngicos diferenciados: los quitridiomycetos, los zigomicetos, los glomeromicetos, los ascomicetos y, finalmente, los basidiomicetos (Madigan *et al.*, 2009).

De este acuerdo con la secuenciación de una serie de genes de un conjunto de especies de hongos, se apoyan algunas conclusiones tales como:

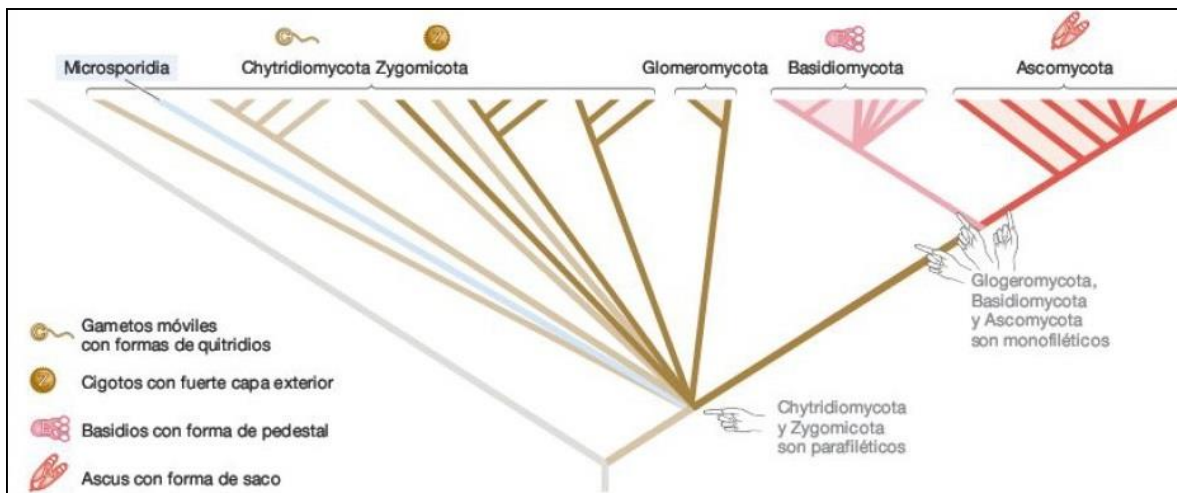


Figura 4.10. Árbol filogenético de los phyla de hongos. Se indican los tipos de estructuras reproductivas sexuales que se han observado en cada linaje principal.
(Extraída de Freeman, 2009, p.671)

- ✓ Los quítridios incluyen a la mayor parte de los grupos fundamentales fúngicos. El resultado es congruente con la hipótesis de una evolución a partir de un antepasado acuático. Asimismo, sugiere que la transición a tierra firme ocurrió en épocas tempranas.
- ✓ Los phyla Chytridiomycota y Zygomycota son parafiléticos. Ninguno de estos presenta descendientes con un único ancestro común. Esto implica que tampoco las hifas conjugadas o los gametos nadadores evolucionaron más de una vez, o bien, ambos estuvieron presentes en un antepasado, pero desaparecieron en determinados linajes.
- ✓ El phylum Glomeromycota es monofilético. No se ha observado reproducción sexual en este grupo, luego se desconoce si forman esporas mediante la meiosis en el zigosporangio.
- ✓ Los basidiomicetes y ascomicetes son monofiléticos y son clados hermanos, estrechamente emparentados (Freeman, 2009).

4.3.1.4. Phylum Ascomycota. Gracias a su producción de ascas (del griego, *askos*. saco), este grupo de hongos recibe su nombre. La mayoría presente en ambientes acuáticos, sus células se caracterizan por los dos núcleos haploides de diferente carácter sexual que se fusionan, produciendo un núcleo diploide que sufre meiosis formando ascosporas haploides. Dentro de un cuerpo fructífero en ciertos ascomicetos son generadas estas ascas. Estas estructuras se denominan ascocarpos. Los ascomicetos se reproducen asexualmente por medio de la generación de conidios que se originan por mitosis en el ápice de las hifas denominadas *conidióforos*. Su papel ecosistémico es degradar plantas muertas; no obstante, gran variedad de especies produce ectomicorrizas con árboles boscosos o constituyen parejas simbióticas con algas verdes, cianobacterias o líquenes (Madigan *et al.*, 2009).

El micelio de los estos hongos está formado por hifas septadas. La reproducción asexual que tiene lugar mediante conidiósporas es habitual en estos hongos. La reproducción sexual de

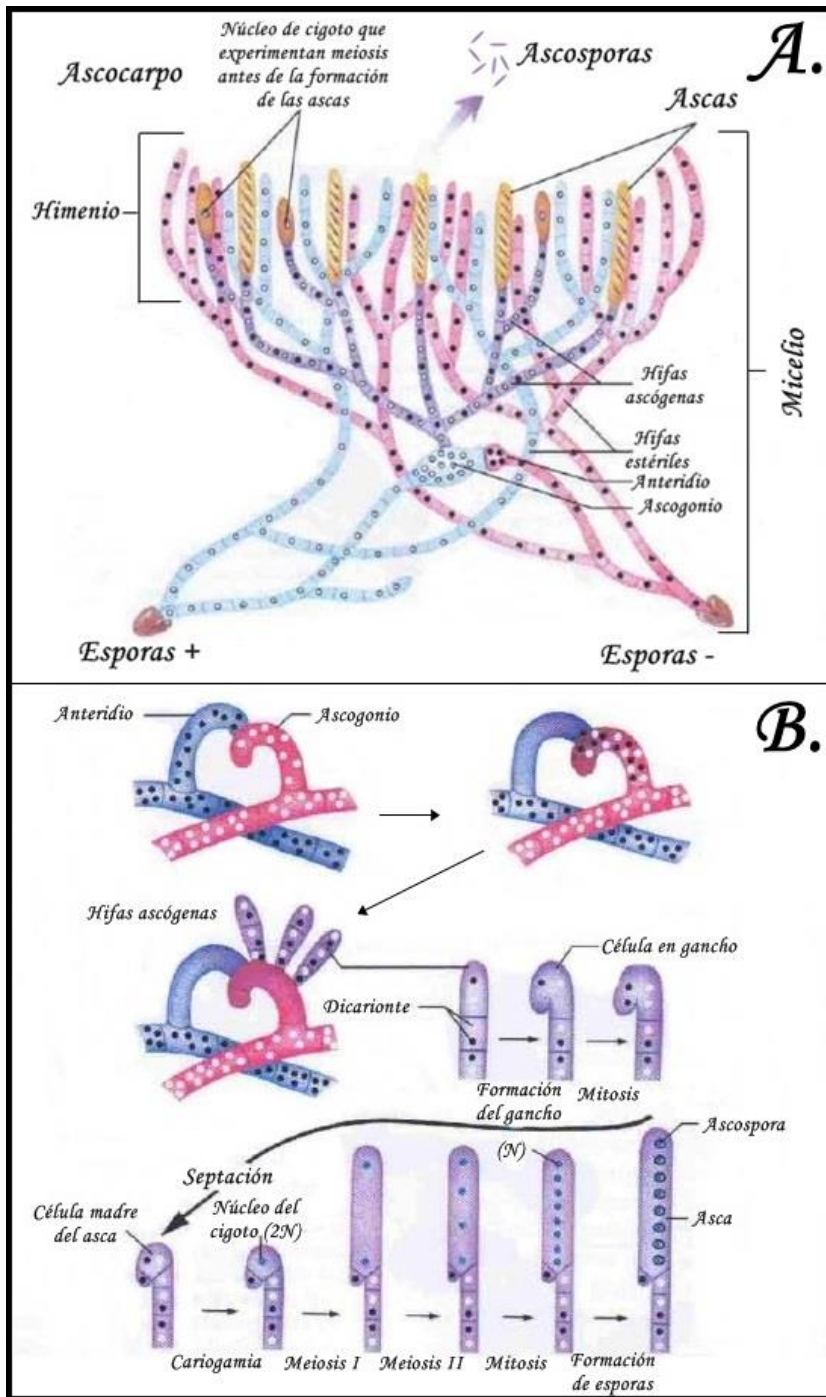


Figura 4.11. Ciclo vital Ascomycota. La reproducción sexual requiere de la formación de ascas y ascosporas.

- A.** Reproducción sexual y morfología del ascocarpo de un hongo en copa.
- B.** Detalles de la reproducción sexual en las hifas ascógenas.

(Adaptada de Prescott, *et al.*, 2002, p.605)

estos hongos conlleva siempre la formación de un asca que contiene dos o más ascosporas haploides. En los ascomicetos más complejos, la formación del asca va precedida del desarrollo de unas hifas ascógenas a cuyo interior migran pares de núcleos. Un núcleo de cada par se origina en un micelio o célula «masculina» (anteridio), y el otro procede de un órgano «femenino» o célula (ascogonio) que se ha fusionado con él. A medida que crecen las hifas ascógenas, los núcleos apareados se dividen de manera que cada célula contiene un par de núcleos. Después de que la hifa ascógena ha madurado, se produce la fusión nuclear en las células madre del extremo de la hifa. El núcleo diploide del cigoto experimenta después la meiosis, y los cuatro núcleos haploides resultantes se dividen nuevamente por mitosis para producir una hilera de ocho núcleos en cada asca en desarrollo. Estos núcleos están divididos unos de otros por tabiques. Miles de ascas pueden estar agrupadas en un ascocarpo, en forma de copa o de matraz. Cuando las ascosporas maduran, a menudo se liberan de las

ascas con mucha fuerza. Si por casualidad se sacude el ascocarpo, puede parecer despedir ráfagas de “humos” compuestas de miles de ascosporas. Cuando llegan a un ambiente adecuado, las ascosporas germinan e inician un nuevo ciclo (Prescott, Harley, & Klein, 2002).

En diferentes especies varían las formas tamaños y colores de los conidios. Son característicos en estos ciertos tintes que les dan coloración a los mohos. Ciertas especies de ascomicetos son heterotálicas, lo que supone que una hifa fúngica separada sólo se aparea con una hifa de un tipo de apareamiento distinto. Otras son **homotálicas**, lo que implica que se autofecundan y poseen la capacidad de autoaparearse. Por lo tanto, en los hongos ascomicetos, tanto heterotálicos como homotálicos, después de que dos gametangios se fusionan y su citoplasma se entremezcla, la reproducción sexual tiene lugar (Solomon *et al.*, 2013).

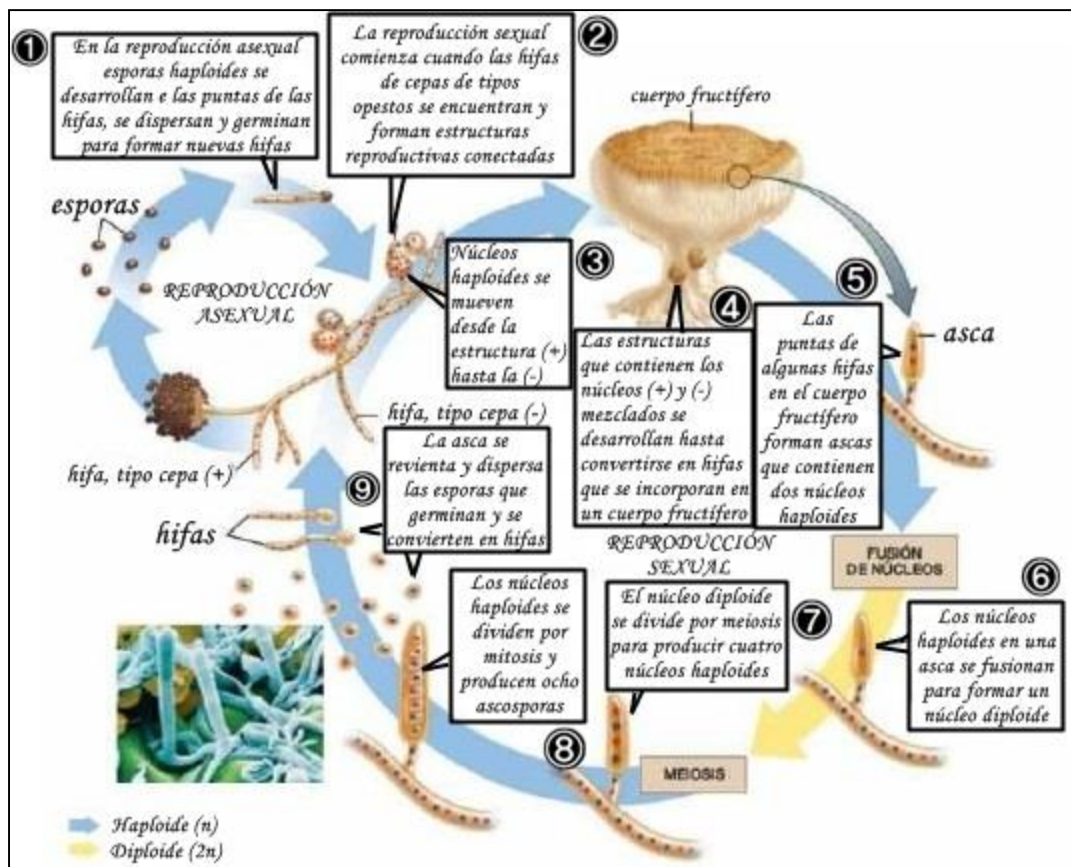


Figura 4.12. Ciclo de vida detallado de un ascomiceto común incluyendo reproducción sexual y asexual.

(Adaptada de Audesirk, Audesirk, & Byers, 2013, p.411).

De los hongos saculares del Phylum Ascomycota existen más de 32,000 especies reconocidas, incluyendo levaduras unicelulares y especies multicelulares. Las hifas tienen paredes transversales a intervalos regulares, y a menudo se entremezclan como elaborados cuerpos productores de esporas. Las hifas septadas evolucionaron para dar origen al ancestro común de los ascomicetos y los basidiomicetos. Las paredes transversales contribuyeron al

éxito de ambos grupos. Las hifas reforzadas con pared cruzada pueden formar cuerpos productores de esporas más succulentas. Las paredes transversales también dividen el citoplasma, de modo que el daño a una parte de la hifa no afecta al resto, evitando que esta se seque y muera. Esta es una de las razones por las que los ascomicetos y los basidiomicetos son más abundantes que los zigomicetos en los lugares secos (Starr *et al.*, 2009).

Ciertos ascomicetos sirven para la obtención de fármacos. El caso más relevante es el del *Penicillium chrysogenum*, un hongo del suelo que sirvió como fuente original para la producción de la penicilina. Otro antibiótico, la cefalosporina, fue aislado por primera vez a partir del *Cephalosporium*. Las estatinas del *Aspergillus* ayudan a disminuir los niveles de colesterol, y la ciclosporina del *Trichoderma* contribuye a evitar el rechazo de órganos trasplantados. Los ascomicetos que infectan a las plagas de plantas o animales se usan como herbicidas o pesticidas naturales (Starr *et al.*, 2009).

Los ascomicetos han resultado de gran valor para los humanos, puesto que han sido los más cercanos a estos; han servido para la elaboración de antibióticos, así como también han terminado por presentar una significativa utilidad en estudios biológicos en los que se profundiza en procesos citológicos como la síntesis de proteínas. Una gama de hongos de este Phylum interactúan simbióticamente con raíces formando micorrizas, y cerca de un 40% tienen una relación con cianobacterias o algas verdes para crear líquenes. En contraste, este mismo grupo de setas son representativas por cuanto se refiere a enfermedades de origen fúngico en animales y plantas y aun en humanos. Entre los padecimientos en plantas esta la enfermedad holandesa del olmo y el chancro para el castaño (Solomon *et al.*, 2013).

4.3.1.4.1. Género *Penicillium*. Los hongos del género *Penicillium* son mohos comunes que crecen sobre muy variados sustratos (como paja, fruta, cuero, granos, etc.), sobre alimentos preparados o sus componentes, bien sean estos de origen vegetal o animal, si hallan el agua y los nutrientes requeridos. Gracias a Pitt, hacia 1980, que normalizó las condiciones de cultivo y Frisvad en 1981, que consideró la formación de metabolitos secundarios para la descripción de especies, su identificación fue menos caótica al no limitarse a las

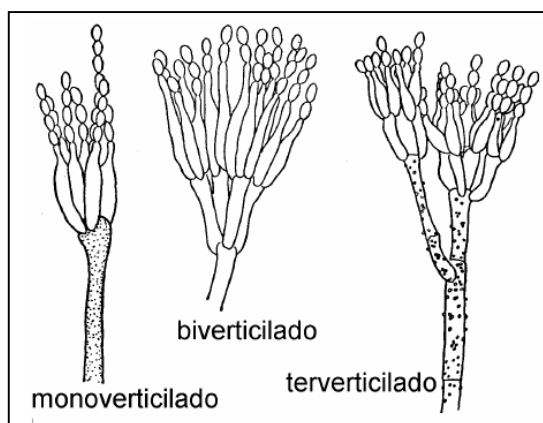


Figura 4.13. Aspecto de penicilios.
(Extraída de Carillo, 2003, p.61).

características morfológicas (citados en Carillo, 2003). Este género se caracteriza por la formación de conidios en estructuras con ramas similares a pinceles que acaban en células conidiógenas denominadas fiálides (**Figura 4.13**). Siendo así, si existe un solo verticilo de fiálides, el extremo es monovérticilado. Las râmulas, métulas, ramas y fiálides son ramificaciones en un polivérticilado; y los conidios originados de estas últimas son llamados fialoconidios indicando su inicio (Carillo, 2003).

Las hifas llegan a alcanzar un radio de 1 a 1,5 μ y presentan septos con un poro en el centro, invisible al microscopio óptico. Las paredes del estípote, las métulas o las ramas pueden ser lisas

equinuladas o rugosas, aunque la pared de las fiálides es siempre lisa, y estas exhiben un tamaño máximo de 15 mm, aunque la parte terminal no sobrepasa los 3 mm de largo (Carillo, 2003).

En cuanto a los medios de cultivo, para estudios taxonómicos las cepas se siembran y se observan en condiciones de laboratorio normalizadas con sustratos como Czapek-Levadura, Malta-Glucosa o Czapek-Glicerol; no obstante, de acuerdo con Okuda *et al.* (2000, Citados por Carillo, 2003), existe una ligera variabilidad dependiendo de la fuente de agar, extracto de levadura o agua, del mismo modo que del volumen del medio vaciado en las placas. Los principales elementos para la identificación de los teleomorfos son el aspecto de los ascosporos y la aparición de gimnotecios o cleistotecios en un lapso de entre una y tres semanas (Carillo, 2003).

En relación a esto, se debe tener en cuenta las posibilidades de errores ocasionales por modificaciones casuales de la temperatura de incubación o por la composición del medio; razón por la que las pruebas deben repetirse siquiera una vez (Pitt, 1980, citado por Carillo, 2003). Como descripción final, las colonias de los hongos de este género son circulares, a no ser que haya algo que impida su crecimiento, con un reborde neto generalmente sin fructificación y exponiendo el color del micelio, el cual es generalmente blanco, aunque con variaciones por especies tendientes al amarillo, anaranjado, púrpura o pardo claro (Carillo, 2003). Concluyendo, esta misma autora cita nuevamente a Pitt (1980) al mencionar que “la superficie de la colonia madura, o sea con sus conidios formados, puede ser: aterciopelada, ligeramente algodonosa o con pequeños haces (fascículos) de conidióforos” (p.62).

4.3.1.5. Relaciones Ecológicas. Las plantas y los hongos poseen una gran interacción con plantas, pero no se restringe a la formación de micorrizas, puesto que prácticamente se han encontrado habitando dentro de otros tejidos en todos los vegetales donde se han buscado. Algunos *endófitos* (organismos que viven dentro de otro) son patógenos para las plantas; no obstante, la mayoría no le causan daño al huésped sino que le representan un aporte benéfico. Los casos mejor estudiados se hallan en las hojas de muchas especies de césped estos hongos endófitos beneficiosos son las especies de ascomicetos que más habitan al interior de estas células. Estos favorecen al vegetal al formar sustancias que son tóxicas o desagradables para artrópodos como los hexápodos y los rebaños de mamíferos rumiantes (Audesirk, Audesirk, & Byers, 2013).

Gracias a su capacidad para repeler a los depredadores, estos hongos han sido modelo para la generación de insecticidas naturales y el desarrollo de pastos sin endófitos. Algunos animales herbívoros de granja evitan el consumir hojas que contengan estos organismos en su interior. Este césped que los contiene genera que los animales que lo consumen, ante la ausencia de otras fuentes de nutrición, crezcan pobremente y mal alimentados. Asimismo, otros sistemas fúngicos, además de las micorrizas y los endófitos, son relevantes en cuanto al crecimiento y desarrollo vegetal. No obstante, hay organismos presentes en este reino que se encargan de degradar este tipo de tejido y entorpecen el incremento de tamaño en plantas. Tanto celulosa como lignina, ambas componentes de la madera, pueden ser digeridas por estos ascomicetos, siendo los únicos capaces de tal degradación. Son precisamente estos saprófitos los que reciclan el material de una planta o troncos muertos (Audesirk *et al.*, 2013).

Los hongos son conocidos por su valor en el reciclaje de materia orgánica mediante la descomposición de organismos muertos en el ecosistema, independientemente del reino al que pertenezcan los restos. Los hongos *saprófitos* favorecen el sistema cíclico de las moléculas de vegetales y animales para que regresen al medio ambiente. Estos “encargados funerarios” igualmente ayudan a las plantas liberando importantes nutrientes al suelo. Llegado el caso de que las bacterias y los hongos desaparecieran, los nutrientes estarían encerrados en los materiales vegetales y animales que han fallecido, por lo cual la fertilidad del suelo se vería afectada rápidamente y estos residuos orgánicos aumentarían, lo que generaría un colapso en el entorno (Audesirk *et al.*, 2013).

4.4. MARCO DISCIPLINAR BIOTECNOLÓGICO

4.4.1 BIOTECNOLOGÍA

Los cultivos, la transformación de los alimentos, los animales domesticados y la explotación de las características curativas de algunos vegetales son acciones que se datan en los inicios de la humanidad y fueron desarrolladas partiendo del aprendizaje empírico, desconociendo la existencia de microbios y los postulados acerca de la herencia. Iniciando el siglo XIX, la necesidad de trabajadores para el desarrollo de una naciente industria fomentó la migración de la gente del campo a la ciudad, siendo acompañados por el hambre, las enfermedades y condiciones de salubridad insatisfactorias; de la mano con este avance hacia el progreso, en términos comerciales, se hace indispensable la comprensión de los fenómenos de la naturaleza para responder a las necesidades de la sociedad. Es así que hacia 1850 surgen nuevas ramas de la ciencia tales como la microbiología, la genética, la bioquímica y la inmunología, junto con el incremento en la intervención de la ingeniería agrícola (Muñoz de Malajovich, 2012).

Hacia 1919, Ereky, un ingeniero agrónomo húngaro, plantea la primera definición de biotecnología como “la ciencia de los métodos que permiten la obtención de productos a partir de materia prima, mediante la intervención de organismos vivos” (citado en Muñoz de Malajovich, 2012); quien cinco años atrás hubiera desarrollado un enorme plan de cría de cerdos buscando reemplazar las prácticas tradicionales por una industria del capitalismo con base en el conocimiento científico. Posteriormente, en pleno siglo XX, de la convergencia de la ciencia y la tecnología, en cuanto a electrónica e informática respectivamente, resultan logros significativos donde las bases de las aplicaciones se cimientan en los sistemas bióticos en casos como la obtención de variedades vegetales más productivas, elaboración de nuevos alimentos, tratamientos de residuos y producción de antibióticos y enzimas (Muñoz de Malajovich, 2012).

Debido al impacto ocasionado por las experiencias pioneras en ingeniería genética se suscitaron cuantiosos esfuerzos por redefinir el campo biotecnológico. Así, mediante substituir la “intervención de organismos vivos” por el “empleo de procesos moleculares y celulares”, se intentó generar una diferenciación ente la biotecnología moderna y la clásica, pero a raíz de la inmensa propagación de técnicas de manipulación génica, los límites entre ambas clasificaciones terminan por diluirse y desdibujarse, excepto por el mero contexto histórico (Muñoz de Malajovich, 2012).

De otra parte, puesto que los intereses de entes involucrados influyen en la interpretación de una serie de acciones, en varias ocasiones se ve reflejada la visión de los grupos profesionales dominante. Así, al revisar textos de la época en que la palabra “biotecnología” empieza a divulgarse, la autora encuentra numerosas definiciones de dicha expresión, de los cuales se citan a continuación los más frecuentes, de manera textual:

- ✓ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE): “la aplicación de los principios de la ciencia y la ingeniería al tratamiento de materias por agentes biológicos en la producción de bienes y servicios” (1982).
- ✓ Oficina de Evaluación Tecnológica (OTA, Office of Technology Assessment): “biotecnología, en un sentido amplio, incluye cualquier técnica que utilice organismos vivos (o parte de ellos) para obtener o modificar productos, mejorar plantas y animales, o desarrollar microorganismos para usos específicos” (1984).
- ✓ Federación Europea de Biotecnología (EFB, European Federation of Biotechnology): “uso integrado de la bioquímica, la microbiología y la ingeniería genética para poder aplicar las capacidades de microorganismos, células cultivadas animales o vegetales o parte de los mismos en la industria, en la salud y en los procesos relacionados con el medioambiente” (1988).
- ✓ E. H. Houwink: “el uso controlado de la información biológica” (1989).
- ✓ Organización de la Industria Biotecnológica (BIO, Biotechnology Industry Organization): “en un sentido amplio, biotecnología es ‘bio’ + ‘tecnología’, es decir, el uso de procesos biológicos para resolver problemas o hacer productos útiles” (2003) (Citados en Muñoz de Malajovich, 2012, p. 29).

En términos amplios, se entiende por biotecnología como “la aplicación de organismos vivos, sistemas o procesos biológicos a la solución de problemas de interés para la comunidad mediante la generación de innovaciones y su manufactura industrial” (Torres, S.F., p.281). En otras palabras, “se define comúnmente como el uso de organismos vivos, o los productos de los mismos, para el beneficio humano (o el beneficio de su entorno) con el fin de desarrollar un producto o resolver un problema” (Thieman & Palladino, 2010, p.2). Desde esa perspectiva, esta ciencia sería casi tan antigua como el ser humano, puesto que nació de la necesidad de la humanidad por conseguir y guardar alimentos para las épocas y estaciones del año en que resultaban más difíciles de obtener (Torres, S.F.).

Por consiguiente, cazar animales o recolectar vegetales para el sustento no son considerados como biotecnología; no obstante, domesticar bóvidos y óvidos como ganado es un ejemplo clásico de los inicios de esta ciencia. Del mismo modo que, algo más recientemente, los antiguos humanos aprovechaban los sistemas microbianos usándolos para la fermentación en la elaboración de pan, productos lácteos y bebidas alcohólicas. Por otro lado, durante milenios se ha recurrido a la crianza selectiva o selección artificial para la mejora de cultivos y mayor obtención de beneficios procedentes de los animales de granja para propósitos alimenticios. Un ejemplo más podría ser el cultivo de especies vegetales salvajes, como repollo o lechuga, para generar, luego de muchas generaciones, plantas modernas para consumo humano. Estos son avances biotecnológicos y aplicaciones genéticas que se dieron sin el uso de laboratorios o experimentos controlados, propiamente dichos (Thieman & Palladino, 2010).

4.4.1.1. Interdisciplinariedad de la Biotecnología. De otro lado, se ha de considerar que la biotecnología es una especialidad de orden interdisciplinar, debido a que implica toda una serie de ramas del saber guiados por una meta compartida como lo es la aplicación industrial que posibilite la distribución de las ventajas en la población general (Figura 4.14). La biología en sus aspectos más amplios, junto con la microbiología, la genética, la biología molecular y la bioquímica forman parte de un extremo de la rama del árbol de conocimientos científicos del que la biotecnología toma para su construcción; mientras que del otro lado se encuentran la ingeniería de procesos y las tecnologías agroalimentarias. Esto sin intentar simplificarla, puesto que es el resultado de la integración y coordinación de estas disciplinas; por tanto cuando se habla de ella se prefiere delimitar su campo a las tecnologías de la biotecnología de avanzada y a procesos microbiológicos (Torres, S.F.).

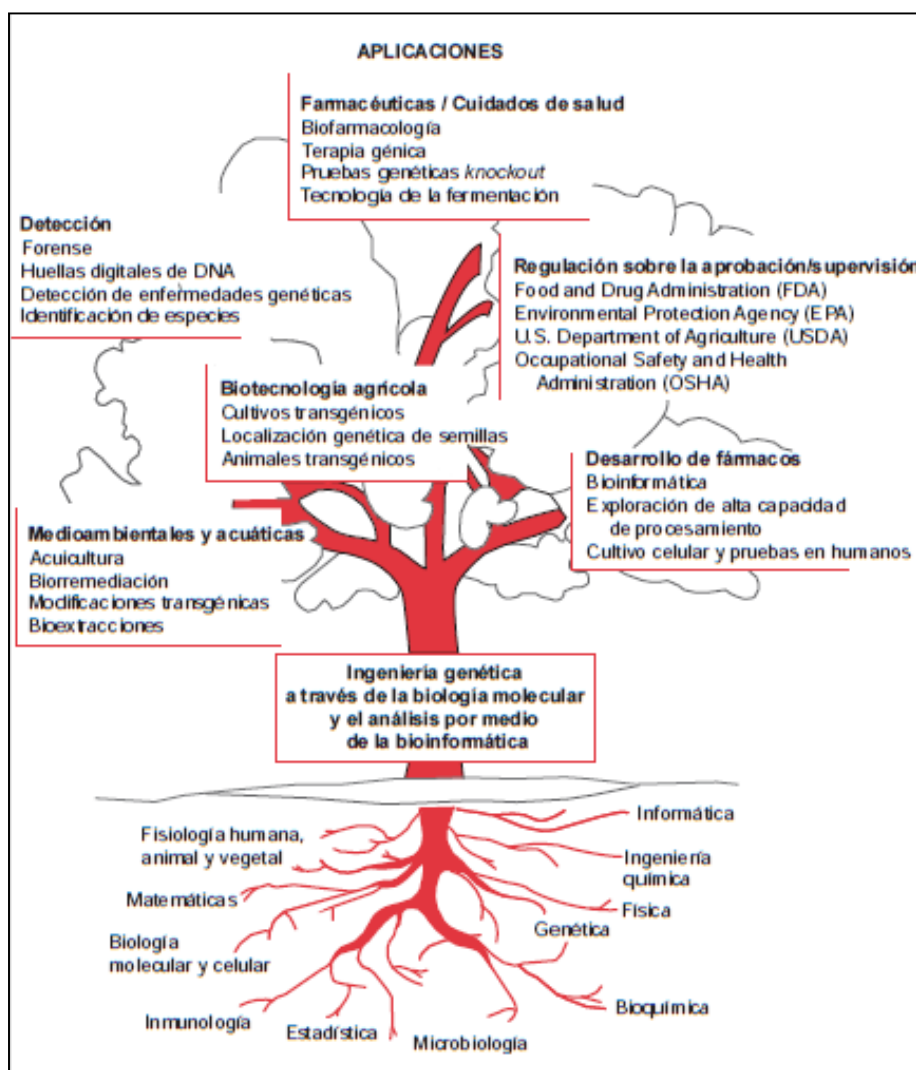


Figura 4.14. Árbol de la biotecnología. Las raíces representan las ciencias básicas como fundamento. El tronco, la ingeniería genética como enfoque central. Las ramas, los distintos organismos, tecnologías y aplicaciones.
(Extraída de Thieman y Palladino, 2010, p.5).

A pesar de que en un primer enfoque esta implica “el uso de la biología molecular para llevar a cabo aplicaciones de ingeniería genética, la biotecnología no es una disciplina de estudio única y limitada” (Thieman & Palladino, 2010, p.5), es, de hecho, un vasto campo del saber por cuanto depende en gran medida de las contribuciones de varias áreas de la biología, la química, la informática, las matemáticas y la ingeniería, junto con otras disciplinas como la economía y la filosofía (Thieman & Palladino, 2010). Por tanto, es un conocimiento que es complementado y complementa áreas como “la fisiología, la agronomía, la veterinaria, biología, microbiología, biología molecular y medicina. También involucra disciplinas de las Ciencias Sociales, desde los aspectos éticos, del derecho, economía, política, etc.” (Antokoletz *et al.*, 2014, p.39).

En cuanto a estas especialidades, las tecnologías de procesos microbiológicos se refieren al desarrollo y uso de métodos y procesos en los que intervienen microorganismos, virus y células animales o vegetales. Como tecnología microbiana, su objetivo principal es la selección del organismo o célula más pertinente para realizar determinado procedimiento que convierta una sustancia o conjunto de estas en otras de interés más representativo; esa elección se lleva a cabo sobre la base de los requerimientos nutricionales, la temperatura ideal de desarrollo y la estabilidad en las condiciones de cultivo, así como de su interacción con los instrumentos dentro de los que es manipulado y de la producción deseada (Torres, s.f.).

En ese caso, se incluye, por ejemplo, la obtención de la enzima celulasa, producida por *E. coli*, la cual es capaz de degradar la celulosa, el polisacárido que forma la pared celular de las células vegetales. La celulasa es aprovechable para la elaboración de alimentos para animales que sean más fácilmente digeribles para estos; o bien para tratar el tejido con un compuesto de estas enzimas procedentes de hongos para la fabricación de pantalones de jean, puesto que se degradan suavemente las fibras de celulosa de algodón resultando en una tela más delicada (Thieman & Palladino, 2010).

Por lo que, en esa misma línea de pensamiento, entra el diseño de los medios de cultivo, los cuales deberán contar con los nutrientes requeridos en la concentración apropiada, variando según el microorganismo y el objetivo del proceso. Siendo así, los componentes de los sustratos están representados por: agua, tres fuentes de nitrógeno (compleja, orgánica e inorgánica), una fuente de energía y carbono (generalmente glucosa, almidón, etc.), sales minerales y micronutrientes. De este modo, para producción industrial los medios son modificados con el uso de materias primas económicas como suero de leche, melazas o almidón de maíz, que en algunos casos son tratadas con métodos físicos o químicos. Además, para el proceso enzimático, el cultivo requerirá de los elementos ineludibles para que la enzima sea capaz de llevar a cabo su actividad catalítica (Antokoletz *et al.*, 2014).

De otro lado, la biotecnología de avanzada recibe su reconocimiento gracias a los avances en conocimientos desarrollados de manera simultánea en distintos campos del saber tales como la bioquímica, la enzimología, la genética y la citología, entre otros, sentando las bases para la ingeniería genética y las tecnologías conexas, las que han atravesado con una gran revolución durante tiempos recientes debido a la manipulación experimental de la información contenida en el ADN. En otras palabras, estas técnicas en conjunto que se han ido perfeccionando durante las últimas décadas como resultado de las ramas del

conocimiento mencionadas, utilizadas para la obtención de bienes y servicios a través de los organismos vivos o sus productos, se denominan “biotecnologías de avanzada” (Torres, s.f.).

El cambio de una biotecnología de laboratorio a una industrial es en gran parte debido a la ingeniería genética por su innovación tecnológica, especialmente en casos como la producción de la hormona del crecimiento o la insulina, reemplazando métodos de consecución tradicionales, o productos más nuevos como anticuerpos monoclonales o el arroz amarillo. No obstante, la manipulación a nivel génico no es la única posibilidad disponible (**Cuadro 4.3**); el campo biotecnológico abarca actualmente una amplia área del conocimiento, el cual emerge de la ciencia básica, la ciencia aplicada y de otras tecnologías, convirtiéndose en una compleja red de saberes (Muñoz de Malajovich, 2012).

Sector	Tipos de productos o servicios
Energía	Etanol, biogás y combustibles con base en la biomasa.
Industria	Butanol, acetona, glicerol, ácidos, vitaminas. Enzimas para otras industrias.
Medio Ambiente	Recuperación de petróleo, biorremediación
Agricultura	Abono, silaje, bioinsecticidas, biofertilizantes, plantines libres de enfermedades, plantines de árboles para reforestación. Plantas transgénicas.
Pecuaria	Embriones, animales transgénicos, vacunas y medicamentos veterinarios, enzimas.
Alimentación	Panificación, lácteos, bebidas alcohólicas y aditivos diversos. Proteína unicelular, alimentos transgénicos.
Salud	Antibióticos, medicamentos, hormonas, vacunas, reactivos, pruebas diagnóstico.

Cuadro 4.3. *Productos y servicios biotecnológicos.*
(Extraído de Muñoz, 2012, p.31).

Aún con todo esto, la biotecnología genera opiniones disidentes, puesto que algunos sectores la toman como una tecnología con sus bases fundamentadas en el conocimiento científico, mientras que para otros es concebida como una actividad antinatural y riesgosa; pugna que radica más en la pasión que en la razón por partes políticas, religiosas o ideológicas, olvidando que, por cuanto es tecnología, se caracteriza por el uso que se le dé a esta. Por lo que habría que tener en consideración que algunos de los procesos y productos que son comunes a la cotidianidad actual, hace unas décadas eran impensables, y su incursión en la vida diaria se ha dado, no obstante, sin que el conocimiento acerca de las bases científicas haya penetrado la cultura de manera que se abarquen los diferentes niveles educativos. El desconocimiento aumenta el riesgo de rechazo a oportunidades promisorias que pueden

abrirse en áreas críticas como la salud, la producción de alimento, el ambiente natural o la adquisición de energías (Muñoz de Malajovich, 2012).

4.4.2 APORTES PEDAGÓGICOS Y DIDÁCTICOS

Ciencia y Tecnología están interconectadas cada vez más con la cotidianidad de la sociedad. Estas influyen en el desarrollo económico de una nación más que sólo en el tecnológico. En cuanto al carácter educativo, la enseñanza de temáticas en relación a la biotecnología plantea una innovación a pesar de la dificultad que representa debido a la interdisciplinariedad mencionada con anterioridad; por no mencionar la dificultad por definirla propiamente y las controversias del campo bioético en lo que se refiere a sus aplicaciones y consecuencias ambientales y políticas. Ante esto es propicio que los maestros se pregunten acerca de cómo incorporarlos y cómo enseñarlos en el aula. Adicionalmente, la falta de formación específica de los educadores plantea la clara necesidad de desarrollar recursos didácticos (Antokoletz *et al.*, 2014).

De otra parte, la biotecnología ofrece a los maestros un espacio en el cual discutir en cuanto al trabajo asociado llevado a cabo por organizaciones de científicos naturales, sociales y tecnólogos, en los que se analizan las implicaciones éticas, políticas y comunales que se desprenden de su práctica, siendo para el docente un vínculo con la inmediatez de sus contenidos en la vida diaria. Por lo tanto, se considera relevante que durante la formación de educadores se disponga de posibilidades para diseñar secuencias de acciones con objetivos concretos planteados por sí mismos. De la misma manera, se debería tener la ocasión de trabajar en la resolución de problemas, familiarizándose con los avances y métodos científicos para aprender, gracias a esas investigaciones, los procedimientos y habilidades que le son comunes a la indagación científica (Camano, 2003, citado por Antokoletz *et al.*, 2014).

Con esto se pretende fomentar la *Alfabetización Científica*, para mediante esta enseñar al estudiante a observar el mundo y sus fenómenos con una mirada que trascienda el sentido común o lo meramente relativo a los sentidos. Así también, esta abarca la posibilidad de aprehender y aprender las maneras en que se puede ciencia, por cuanto implica la “formulación de preguntas, la elaboración de hipótesis y la concreción de proyectos de investigación que permitan acercar a los estudiantes, a través de la ciencia escolar, a la ciencia «de los científicos»” (Acevedo Díaz, 2004, citado en Antokoletz *et al.*, 2014). En lo relativo a esto, en 1994 Hodson señala dos aspectos centrales con oportunidad de ser enseñados a partir de la biotecnología: uno de ellos es “aprender ciencia desde la adquisición y comprensión de conocimientos conceptuales” y el otro “hacer ciencia –ciencia escolar- que permita a los estudiantes involucrarse en investigaciones partiendo de problemáticas concreta” (como se citó en Antokoletz *et al.*, 2014, pp.152-153).

Desde hace algún tiempo, la alfabetización científica va de la mano de la alfabetización digital, que, según Gilster (1997, citado en Antokoletz *et al.*, 2014), implica la capacidad de usar la tecnología como herramienta para organizar, evaluar, investigar y comunicar información y el entendimiento de los ámbitos legales y ético. Gracias al acelerado avance en cuestiones de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se incrementan a su vez las posibilidades de acceso al conocimiento, pero resultarán relevantes siempre que

se cuente con un guía o intérprete, es decir, la orientación del maestro (Antokoletz *et al.*, 2014).

Finalmente, se organizan y plantean algunas propuestas para la enseñanza que fomenten el aprendizaje significativo, especialmente en lo referente a la biotecnología (Cuadro 4.4), puesto que “la necesidad de construir a partir de las metodologías propuestas, estrategias que estimulen el logro de competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales, es innegable” (Antokoletz *et al.*, 2014, p.61).

Argumentación	Es una parte vital al facilitar la capacidad de apoyar o contrarrestar ideas y elaborar puntos de vista en relación al mundo.
Estudios de caso	Permite que los educandos realicen la integración entre ciencia, tecnología y sociedad. Tiene por objetivo final profundizar en el análisis de situaciones particulares y bien descritas.
Incorporación de las TIC	Habilitan nuevos espacios generando nuevas instancias de producción de conocimientos más allá del aula de clase. Flexibilizan los tiempos de aprendizaje. Permite intercambiar aportes personales e integrarlos en un producto conjunto.
Indagación	Focaliza las actividades en la valoración del cuestionamiento y la búsqueda de respuestas por parte del alumnado. Es fundamental que el docente formule preguntas fuertes y provocativas que fomente el deseo de encontrar caminos de solución. Según Veglia (2012, citado en Antokoletz <i>et al.</i> , 2014), esta permite a los estudiantes observar fenómenos; evaluar explicaciones; formular explicaciones con base en las observaciones; comunicar y justificar sus explicaciones; construir aprendizajes; practicar la observación para aprender; formular y responder preguntas; desarrollar habilidades expositivas; debatir discutir y respetar opiniones ajenas; confrontar y argumentar sus observaciones; reconocer al maestro como guía y acercarse a una modalidad de trabajo científico. (pp.156-157)

	Se consideran al menos 4 sentidos grosso modo de lo que es la modelización en ciencia.
Uso de modelos	✓ Como construcción o creación de modelos científicos. ✓ Como proceso de subsumir los hechos científicos. ✓ Como ajuste de modelos establecidos a causa de nuevos datos. ✓ Como ejercicio intelectual de aplicar modelos preexistentes.

Cuadro 4.4. *Algunas posibilidades para la enseñanza de la biotecnología.*
(Basado en Antokoletz *et al.*, 2014)

4.5. MARCO DIDÁCTICO

En este apartado conceptual se enfatiza en la definición de experimentación, la cual no se abordó de manera explícita en el marco pedagógico; aun así, al considerarse trascendental para la investigación, se procederá a construir una definición sintética y útil de este medio didáctico; claro está, manteniendo la complejidad e integralidad del proyecto y a la vez facilitando el correcto desarrollo del presente Trabajo de Grado.

4.5.1 EXPERIMENTACIÓN

El experimento científico es la más completa de todas las formas de la experiencia de la humanidad puesto que adiciona a la observación el hecho de controlar ciertos factores basados en supuestos teóricos y, en los casos apropiados, incluye la medición. Por tanto, cuando se recurre a él y se direcciona a la constatación de ideas, se torna como tal en el método experimental; el cual es considerado como parte fundamental de la ciencia moderna (Bunge, 2004). De otro lado, en el experimento escolar se representa un fenómeno apto para ser estudiado desde el punto de vista de las ciencias con el objetivo de que el estudiante descubra en él cierta regularidad (Martín, Campo, García, & Wehrle, 1992). Así pues, la experimentación escolar, dice Carin (1976, citado por Martín *et al.*, 1992), posee un alto valor a nivel educativo, lo que la convierte en una fuente de motivaciones al ofrecer la oportunidad de llevar a cabo actividades agradables para el estudiantado.

De este modo, el experimento como medio didáctico se ha venido estableciendo en la enseñanza de las ciencias experimentales desde la creación del concepto de prácticas didácticas, el cual, como anota Soussan (2003), es clave a la hora de potenciar en los estudiantes una actitud crítica y reflexiva antes las situaciones y fenómenos del mundo natural. Asimismo, la experimentación en numerosos grupos demuestra que, para consolidar y cimentar los conceptos que posibilitarán dar respuesta a determinada problemática, los estudiantes han de hacer frente a una serie de obstáculos para reconstruir y enriquecer sus ideas previas, adquiridas gracias al conocimiento común; para esto es menester que se exponga al alumno a situaciones en donde se desequilibren sus sistemas cognitivos y permitan la estructuración de unos más complejos.

Así pues, el profesor reflexiona sobre de la dificultad cognitiva en la que se centra el estudiante, puede reconocerla con precisión ayudándose con otras preguntas y revelarla al alumno. Varios obstáculos no pueden superarse durante la primera vez que se les hace frente. De acuerdo con el grado de estructuración de las experiencias obtenidas con anterioridad, los nuevos conocimientos se insertan en una red incompleta, o bien, errónea; esto ocasiona que la nueva red conceptual instalada cause confusión, puesto que es rechazada por el sistema cognitivo que antes se ocupaba de la resolución de estos fenómenos, Por lo tanto, es indispensable que los alumnos enfrenten de manera práctica, concreta, y experimental estas diversas situaciones, antes que puedan estructurar definitivamente los conceptos en cuestión (Soussan, 2003).

En la ejecución de la experimentación, el error es tomado como pieza clave para el progreso conceptual del alumno; por lo tanto, la generación de hipótesis y la interrogación por un fenómeno que se presenta complejo es fundamental si se quiere ejercer la experimentación en el aula, incentivar la pregunta y estructurar estudios de caso para que el estudiante se encuentre en desequilibrio cognitivo, tenga que integrar y enriquecer sus redes de conocimiento y acción en el mundo. De este modo, a través del laboratorio y de la generación de modelos experimentales, el alumno puede volcar su energía mental en construir conjeturas y ponerlas a prueba (Soussan, 2003).

5. METODOLOGÍA

5.1. MÉTODOS

A continuación, se expondrán los métodos que se consultaron para la realización de este Trabajo de Grado; para facilitar su lectura se dividen en dos partes: la primera, que se dedicará a aquellos acerca de los que se consultó para el Ensayo Experimental y la segunda, a aquellos utilizados para la realización de la Investigación Pedagógica.

5.1.1 MÉTODOS BIOLÓGICOS

5.1.1.1. Espectrofotometría. La base fundamental de los métodos espectroscópicos es la capacidad que poseen las sustancias de absorber o emitir radiación electromagnética. Son empleados para conocer la concentración de una sustancia o su disolución. Este resulta bastante útil si se quiere medir el crecimiento y desarrollo de un organismo; cabe aclarar que se debe hacer la siembra en medio líquido (Aquiahuatl, 2013).

5.1.1.2. Cámara de Neubauer. Es una gruesa placa de cristal similar en forma al portaobjetos, con una medida de 30 x 70 mm y unos 4 mm de grueso. En realidad es una sencilla cámara, la parte central, en la cual se genera el conteo se divide en tres partes. Si se quieren contar microorganismos, las esquinas superiores son las que se usan para la contabilidad de esporas; el cuadrado del centro es el reservado para un recuento más general. Se fracciona en 25 cuadrados medianos de 0,2 mm de lado y cada uno de estos se subdivide, a su vez, en 16 pequeños cuadrados. Se reconoce la utilidad de este método para pocas muestras, no es recomendable para ser utilizado en el conteo de un gran número de estas (Aquiahuatl, 2013).

A continuación, se describen los métodos que se escogieron para el estudio realizado.

5.1.1.3. Peso Seco. Esta técnica, se fundamenta en el proceso de filtración del hongo a través de un papel tapiz colocado previamente en el embudo; al filtrarse el sustrato, el residuo del organismo es pesado en la balanza de precisión. Cabe aclarar, que antes de ser pesado, el hongo en su medio es puesto a secar en el horno para disminuir al máximo la distorsión de los datos (Aquiahuatl, 2013). Para la estimación del crecimiento poblacional de una muestra este resulta ser un método sencillo y directo. Se necesita una balanza (precisión g x 0,001), una cesta



Imagen 5.1. Embudos.

(Fotografía de D.F. Nieto, 2018)

para poner la muestra que puede fabricarse con papel de aluminio o bien un vidrio de reloj y una mufla para secar la muestra. Se reconoce su utilidad en medios para cultivos puros, pero se complica su uso en muestras obtenidas de la naturaleza. Si se quiere determinar el peso seco, por ejemplo, de un cultivo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, 10 ml de una solución homogénea de levadura se necesita centrifugar. Tras retirar el sobrenadante, se deben verter 3 ml de una solución salina pura y sin contaminar para luego agitarla hasta lograrla homogeneizar. Finalmente, 1 ml de esta nueva suspensión se debe poner en un cesto metálico y se ha de dejar secar en una estufa a temperatura promedio de 105°C (Arana, Orruño y Barcina, 2012).

5.1.1.4. Conteo por UFC. El conteo por medio de Unidades Formadoras de Colonias, se basa en el conteo de bacterias u hongos en la caja de Petri. Este conteo se realiza usualmente con instrumentos anexos, tales como el Contador de Colonias, el cual permite contar de manera más precisa el número de UFC (Aquiahuatl, 2013).

La unidad de medida que se emplea usualmente en microbiología para la cuantificación de organismos es denominada Unidades Formadoras de Colonia, es decir, el número de

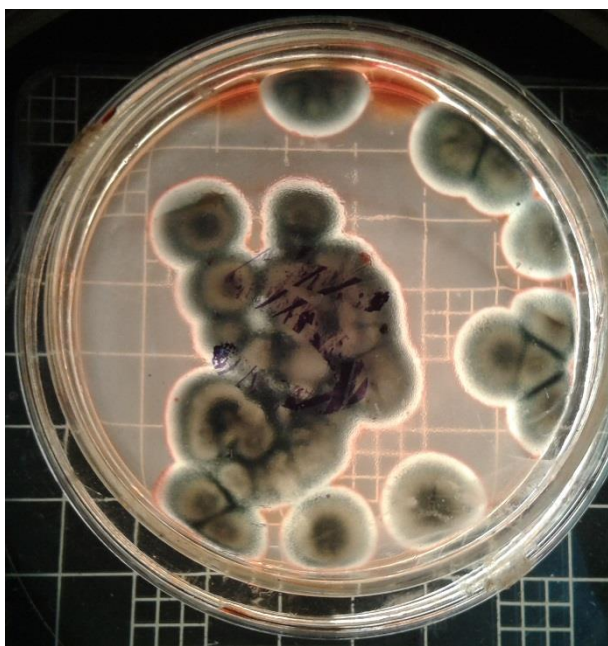


Imagen 5.2. Cultivo de microhongo con colonias visibles.
(Fotografía de D.F. Nieto, 2018)

bacterias o células fúngicas (levaduras) viables en una muestra líquida o sólida. La viabilidad es comúnmente conocida como la facilidad para multiplicarse en condiciones normales. Es por esto que el conteo de UFC de un cultivo de microorganismos solo se consideran las células viables, mientras que en el examen microscópico se toman en cuenta, tanto células vivas como muertas. En el interior de un cultivo de células, una colonia debe mostrar un crecimiento significativo; no obstante, en el recuento de colonias no es factible saber si una colonia surgió de una o varias células. Las UFC son el mínimo número de células contables sobre la superficie o en el interior de un medio de agar semisólido, que da la posibilidad de desarrollo de una colonia visible del orden de decenas de millones de células

descendientes. Gran cantidad de bacterias crecen en pares (diplococos), cadena (estreptococos) o racimos (estafilococos), así como células individuales. La estimación del número de microbios por UFC es menor al número de células vivas presentes en una muestra

por esta razón, el recuento de UFC necesita que cada colonia esté separada (Goldman & Green, 2015).

Cuando se trata del conteo en placa, el propósito principal es hallar el número de células y su capacidad para aumentar el número de colonias es determinado medio, nutrientes y temperatura. En teoría, una sola célula, si presenta viabilidad suficiente, puede generar una colonia completa replicándose. No obstante, en la naturaleza lo más usual es encontrar al progenitor como una masa de células, siendo las células solitarias una excepción poco común. Asimismo, la mayoría de los microorganismos crecen en grupos o también en cadenas. Por lo tanto, el conteo por UFC tiene en consideración el número de sistemas vivos presentes, por esta razón antes mencionada. Lo anterior se argumenta ante el hecho de que el método de Unidades Formadoras de Colonias incluye en el conteo solo elementos con vida que estén individualmente ubicados (García, Fernández y Paredes, 1997).

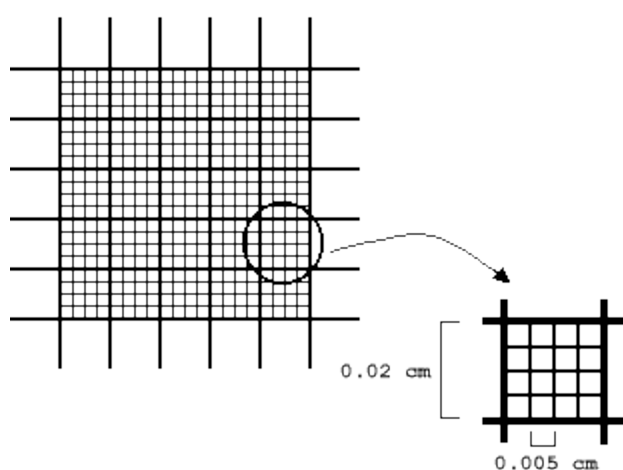


Figura 5.1. Cuadrícula utilizada para la medición por área de dispersión.

(Extraído de

<http://www.microbiologia.com.ar/bacteriologia/fisiologia.php?Mostrar=medida>).

5.1.1.5. Área de Dispersión. Esta técnica de conteo de microorganismos es poco utilizada en el conteo de bacterias; no obstante, en el recuento de micromicetes es bastante útil, puesto que permite evaluar de manera precisa la dispersión de los hongos en el medio de cultivo. Su realización es bastante simple, se basa en colocar papel de medición o milimetrado a contraluz en la caja de Petri y medir en milímetros cuadrados el área donde el hongo se ha desarrollado (Aquiahuatl, 2013).

De acuerdo con García *et al* (1997), esta si se requiere una técnica económica y sencilla, que utilice el material de

laboratorio disponible, esta es la adecuada. Para realizar estas mediciones es usual utilizar las cámaras de recuento; sin embargo también se puede proceder con papeles milimetrados. En este método se encuentra una dificultad con la precisión ya que usualmente estos números poseen una gran dispersión, por lo que se realizan generalmente mediante las cámaras de Hawksley y la de Petroff-Hausser. En la primera se utilizan objetivos de inmersión, aunque cabe resaltar que en la mayoría se utilizan papeles de medición. Es necesario precisar que este método tiene la ventaja de dar información sobre la morfología y el tamaño de la muestra a contar.

5.1.2 MÉTODOS PEDAGÓGICOS

Para la realización de este trabajo de grado, se utilizaron dos métodos de sistematización pedagógica, el primero es una guía experimental de clase y el segundo se basa en una guía de laboratorio.

5.1.2.1. Guía Experimental de Clase. Como argumenta Tornero y Pi (2014), las guías experimentales escolares son el medio didáctico por excelencia en la incorporación de las ciencias en el aula. Facilitan de manera precisa y ordenada los procesos de construcción de conceptos complejos; además, permiten la comunicación efectiva entre todos los estudiantes, potencializando el trabajo en equipo, sin descuidar su desarrollo particular. Su elaboración y puesta en juego se basa en tres pasos que se grafican a continuación, el primero se fundamenta en la interrogación, la cual, como su nombre lo dice, consta de estudios de caso y/o preguntas problema; la segunda fase de construcción de abordajes es clave debido a que remite a la formación de soluciones que configuran los estudiantes al verse enfrentados a la situación problema; y la tercera fase se encarga de argumentar y discutir acerca de las soluciones halladas, puliéndolas y reconstruyéndolas en grupo.

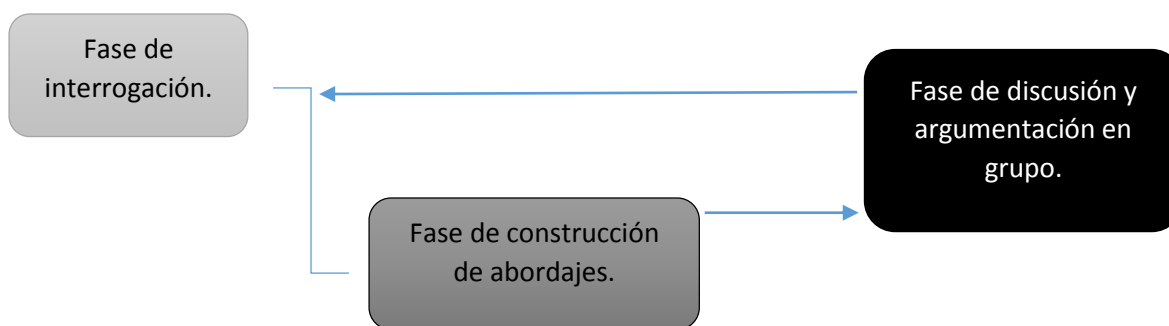


Figura 5.2. *Fases de Desarrollo de la Guía Escolar.*

5.1.2.2. Guías de Laboratorio. Como estrategia didáctica, la Guía de Laboratorio supone la sistematización y organización de una serie de pasos a realizar en el aula, en la que, a través de sus preguntas problemas permite la reflexión y argumentación acerca de temáticas y conceptos científicos. Además potencializa los saberes procedimentales de los estudiantes, facilitándoles el afianzamiento de los conocimientos y asegurando una enseñanza integral (Tornero y Pi, 2014).

5.2. METODOLOGÍA PROCEDIMENTAL

Como se vio en el apartado anterior, la mayoría de estos métodos resultaban imprácticos a la hora de elegirlos para el presente estudio, puesto que, o bien no seguían el propósito del mismo o implicaban el daño a los medios o los cultivos, lo cual dificultaría hacer seguimiento a través del tiempo con varias mediciones. Por esta razón, se escogieron métodos para el conteo que, además de proporcionar una relativa sencillez, presentara la posibilidad de replicarse en los ambientes escolares en los que los futuros licenciados han de ejercer su actividad educativa y su quehacer docente. En consecuencia, se prefirió realizar un registro del crecimiento tomando en cuenta el número de colonias formadas por el *Penicillium sp* y el área que estas ocupaban en cada caja de Petri. Para cuantificar la biomasa total al finalizar el experimento, se utilizó la báscula de precisión a fin de determinar el peso de cada muestra. En cuanto a la producción de la enzima celulasa se siguió un solo protocolo descrito adelante.

5.2.1 PREPARACIÓN DE MEDIOS Y SIEMBRA DEL MICROHONGO

A continuación, se describe la metodología procedimental que se llevó a cabo.

Debido al número de variables y teniendo en cuenta que cada combinación debía hacerse triplicada, por protocolo, se necesitaron 54 cajas de Petri con capacidad de 40 ml cada una, las cuales fueron lavadas, secadas, envueltas en papel periódico y papel aluminio, para ser puestas en la autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Mientras tanto, los distintos medios de cultivo adicionados y modificados se preparaban. Para completar la cantidad de líquido, se necesitó de 2160 ml de agua recién destilada, dividida en 3 beakers con 720 ml cada uno. Siguiendo las indicaciones del Agar Papa Dextrosa (PDA), por cada litro se necesitan 39 g de sustrato en polvo, por lo que a cada beaker se le adicionó 28,08 g de PDA, más un excedente de entre 1,5 g y 2 g; esto debido a la posible pérdida de consistencia durante el proceso (Imagen 5.3). De acuerdo con Páez (2014) se requiere de una adición de celulosa en una proporción de 5 g/L; por tanto, a cada beaker se le agregó 3,6 g de esta, tal como se ve en la Imagen 5.3 sección B.

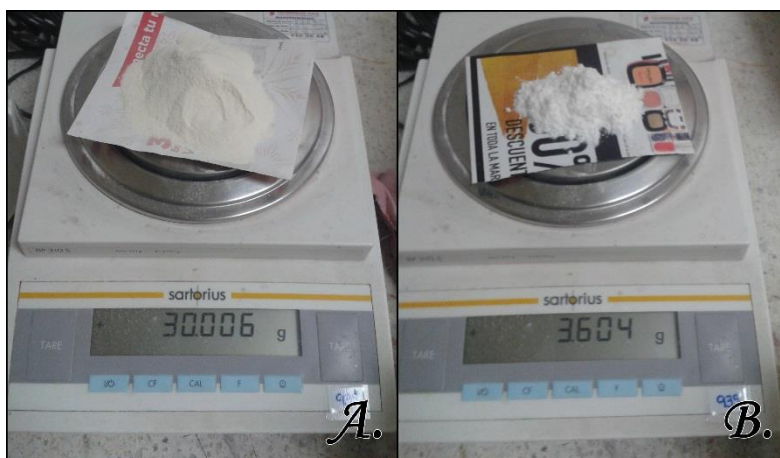


Imagen 5.3. Agar Papa Dextrosa y Celulosa en la báscula de precisión.

A. PDA

B. Celulosa

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018).

Imagen 5.4. Potenciómetro con los 3 pH utilizados para el estudio.

- (Fotografías de D.F. Nieto, 2018)

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
Glucosa															
pH	Ácido	Neutro	Básico	Xilosa											
#	10	11	12						13	14	15	16	17	18	
pH	Ácido	Neutro	Básico						Fructosa						
#	19	20	21												22
pH	Ácido	Neutro	Básico	Galactosa											
#	28	29	30												31
pH	Ácido	Neutro	Básico							Arabinosa					
#	37	38	39												
pH	Ácido	Neutro	Básico	Control											
#	46	47	48												
pH	Ácido	Neutro	Básico												
#	46	47	48												
pH	Ácido	Neutro	Básico												
#	46	47	48												

A la vez, se procedió a colocar los beakers grandes en una plancha de calentamiento con agitación magnética para hervir la mezcla de PDA, celulosa y agua destilada. Para así, con la utilización de probetas, se midieron 40 ml de medio de cultivo que fue adicionado a los recipientes correspondientes.



Imagen 5.5. Preparación de los medios de cultivo.

- A. Beakers numerados y con el azúcar correspondiente.
- B. Medios en los beakers.
- C. Medios en la autoclave.
- D. Cajas de Petri servidas y selladas.
- E. Cajas en la incubadora.
- F. Cámara de Flujo Laminar con mecheros encendidos.

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018).

Una vez listos todos los medios de cultivo, se sellaron con papel aluminio y se esterilizaron en la autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Pasado este tiempo, más el requerido para la descompresión del aparato, se sirvieron los medios calientes en las cajas de Petri, (numeradas de forma idéntica), en un ambiente estéril mediante el uso de varios mecheros encendidos y fueron selladas con plástico Vinipel.

En este punto, debido a dinámicas ajenas al control de los autores, se debió dejar gelificar los medios durante una semana en la incubadora a 23°C.

Por tanto, luego de ese lapso se procedió a realizar la siembra del microhongo en la Cámara de Flujo Laminar con cinco mecheros encendidos, buscando la mayor asepsia posible para evitar la contaminación con otros microorganismos. Este procedimiento se llevó a cabo usando el asa para hongos esterilizada a fuego y enfriada en el medio a sembrar, se extrajo una muestra del hongo (proveniente del estudio piloto), se colocó en el centro de la caja de Petri, la cual se selló con papel Parafilm y se mantuvo a temperatura constante de $23,1 \pm 0,1^\circ\text{C}$ en la incubadora.



Imagen 5.6. Siembra realizada.

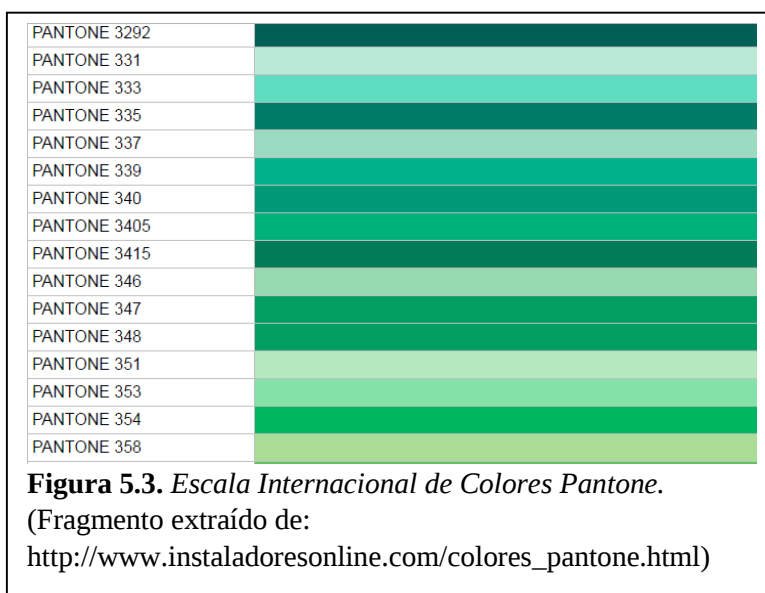
- A. Cajas sembradas y selladas con Parafilm.
- B. Medios sembrados y depositados homogéneamente en la incubadora.

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018).

5.2.2 MEDICIONES DE CRECIMIENTO

El día de la siembra se registró como “Día 0”, empezando a contar así desde el siguiente, cuando se hizo revisión por primera vez del proceso y para facilitar la esporulación, (puesto que esta variable no es parte del estudio), se agitaron suavemente todas las cajas y se dejaron nuevamente en la incubadora.

Al día 2 se hizo una nueva revisión, pero se encontró que las colonias que se empezaron a formar eran aún demasiado inmaduras, por lo cual, para llevar a cabo la medición mediante este método, se decidió tener en cuenta únicamente aquellas colonias que presentaran cierto grado de maduración representado por el tono de color verde PANTONE 3415 de acuerdo con la escala de colores de la Figura 5.3.



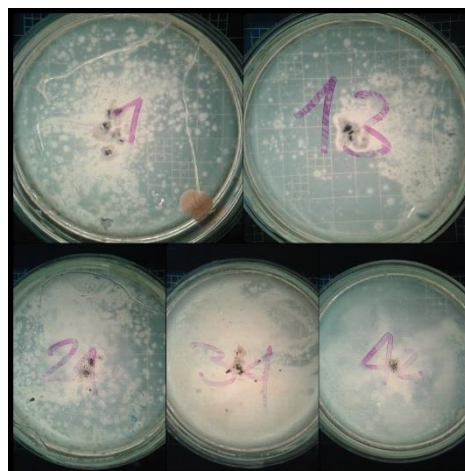
Del mismo modo, para la medición mediante el área que ocupaban las colonias de *Penicillium sp.*, se tenían en cuenta las mismas que para el otro método, ignorando las demás; o en su defecto, se consideraron aquellas que presentaron mayor grado de maduración en algunas cajas.

Siendo así, para el conteo de colonias formadas en cada medio, se utilizó el Contador de Colonias, con el fin de que gracias al aumento que este

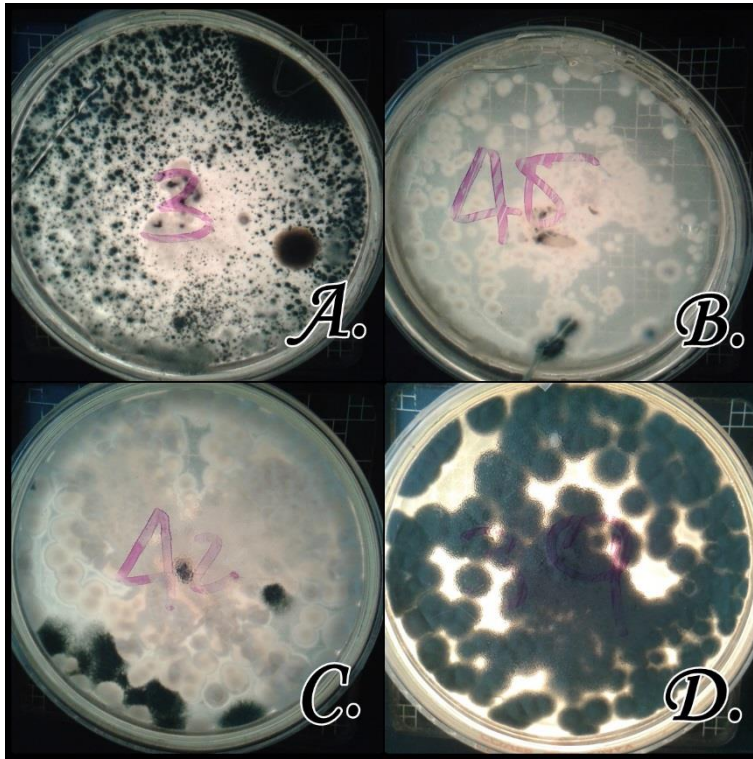
proporciona y la luz emitida, se pudiera diferenciar con mayor nitidez los límites de cada una. Por otro lado, para la medición de la superficie que iban ocupando, se utilizó una hoja de papel milimetrado, razón por la cual los datos recolectados se expresaron en mm².

En ese orden de ideas, el primer conteo efectivo, tanto por un método como por el otro, se realizó al Día 3 de crecimiento, posteriormente en los Días 5, 8, 9 y 10.

Imagen 5.7. Medios de cultivo en el Día 2 de crecimiento.
Se muestran algunas de las cajas de Petri con distintos medios evidenciando colonias inmaduras. (Fotografías de D.F. Nieto, 2018)



Siendo así, todas las cajas de Petri permanecieron en la incubadora durante todo el proceso experimental, excepto durante el tiempo en que se realizaban las mediciones. Los datos recolectados se expresan en el siguiente capítulo *Resultados y Discusión*. A continuación, en la Imagen 5.8 se muestran algunos de los medios en distintos días de la medición.



Debido al crecimiento avanzado al finalizar el experimento, momento en que la mayoría de las cajas estaban casi llenas con colonias maduras y unas pocas inmaduras, la prueba de Rojo Congo resultada impráctica.

Imagen 5.8. Medios de cultivo durante el proceso experimental.

A. y B. Medios en el Día 3.

C. Medio en el Día 8.

D. Medio en el Día 10.

Se evidencia una diferenciación en el crecimiento del hongo en distintos medios.

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018)

De este modo, en la Imagen 5.9 se muestra una de las pocas cajas donde podría realizarse este test, evidenciando un anillo de color diferente más claro o con tonalidad amarilla, similar a cómo es descrito por Páez (2014, citando a Jiménez, 2008); no obstante, debido a la imposibilidad de realizar esto en todos los medios para obtener datos concluyentes, la prueba en este punto se descartó.



Imagen 5.9. Prueba de Rojo Congo en uno de los medios.

La prueba se realiza agregando 10 gotas de Rojo Congo al 1%, agitando y lavando con Hidróxido de Sodio al 5% (Jiménez, 2008. Citado por Páez, 2014).

(Fotografía de D.F. Nieto, 2018).

Por tanto, se prosiguió con el último método utilizado para medir el crecimiento mediante el peso de la biomasa presente en cada uno de los medios. Cabe aclarar que este tipo de medición sólo arroja un único dato definitivo, mientras que los demás proporcionan una serie de estos facilitando la construcción de curvas de crecimiento. Así pues, la elección y modificación específica de estos 3 modos de registrar el crecimiento fúngico se realizó teniendo en cuenta el objetivo de que esta práctica y otras similares pueda ser adaptadas y ejecutada en la mayoría de Instituciones Educativas donde los Maestros en Formación vayan a ejercer como profesionales.

En consecuencia, para el peso de la biomasa total, las cajas de Petri fueron colocadas en un recipiente plástico para ser introducidas en el Horno de Microondas durante un período equivalente a 45 o 60 segundos por cada una, dependiendo del caso, para que los medios gelificados volvieran a ser líquidos por el proceso de fusión, permitiendo así separar la capa superior creada por los hongos, los cuales flotan en los sustratos y pueden ser extraídos y secados en toallas de papel. Pasados unos minutos, durante los cuales la materia fúngica se seca, se llevó una por una todas las muestras a la báscula de precisión, de donde se registró el dato obtenido.



Imagen 5.10. *Determinación de Biomasa Fúngica.*

- A. Cajas de Petri en el recipiente plástico.
- B. Recipiente con los medios en el Horno de Microondas.
- C. Biomasa fúngica en Báscula de Precisión.

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018)

5.2.3 MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENZIMA CELULASA

Por los motivos ya explicados, resultó necesaria la realización de un nuevo ensayo experimental para llevar a cabo la medición de la producción de la enzima celulolítica; razón por la cual se prepararon cincuenta y cuatro (54) nuevos medios de cultivo, pero en esta ocasión, siguiendo otro protocolo, se eligió trabajar con un sustrato líquido preparado con Extracto de Malta (EM), Glucosa y Peptona. Por Tanto, en esta ocasión no se utilizaron cajas de Petri sino tubos de ensayo con tapa rosca, cada uno con una capacidad para 16 ml, los cuales también fueron esterilizados en la autoclave a 121° C durante 15 minutos.

Siendo así, teniendo en cuenta las proporciones de EM, Glucosa y Peptona (20 g/L, 20 g/L y 1 g/L, respectivamente), se prepararon 864 ml de sustrato divididos en tres vasos de precipitado con 288 ml cada uno, a los cuales se les varió el pH adicionando ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, tal como en el otro ensayo, hasta unos valores de 3,99, 6,0 y 7,56, siendo, en ese orden, el medio ácido, el medio inalterado o “neutro” y el medio básico (Imagen 5.11).



Imagen 5.11. Potenciómetro con los 3 pH utilizados para el estudio de producción de enzima celulolítica.

- A. Medida pH inalterado o “neutro”
- B. Medida pH ácido
- C. Medida pH básico

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018)

El Caldo de Cultivo de cada recipiente fue preparado con estos componentes en cantidades respectivas de 5,76 g para el Extracto de Malta y para la Glucosa; mientras que la adición de Peptona fue de sólo 0,28 g; asimismo fue enriquecido de manera primaria con 1,44 g de celulosa, lo cual representa la misma concentración de esta que en el estudio para el crecimiento del hongo (5 g/L).

Paralelamente, siguiendo la misma lógica del estudio previo, se agregaron a cada tubo 0,48 g de cada monosacárido siguiendo el mismo orden establecido en la Tabla 5.1; lo que equivale a un 3% de la capacidad de cada recipiente.

De este modo, tras hervir los tres Caldos de Cultivo en la plancha de calentamiento con agitación magnética, se procedió a verterlos en los tubos de ensayo con tapa rosca conteniendo los monosacáridos respectivos. Finalizado este procedimiento, se llevaron a la autoclave para esterilización a 121° C durante otros quince minutos.

Así pues, al día siguiente se procedió a hacer la inoculación del hongo, la cual, de manera similar al ensayo previo, se llevó a cabo en la Cámara de Flujo Laminar en condiciones idénticas. Para esto, se tomó un asa con la cual se hizo un raspado de la cepa obtenida en uno de los cultivos del estudio piloto y se inoculó con ella cada uno de los 54 tubos que, una vez sembrados, fueron puestos en la incubadora a una temperatura constante de $23,3 \pm 0,1^{\circ} \text{C}$ (Imagen 5.12).

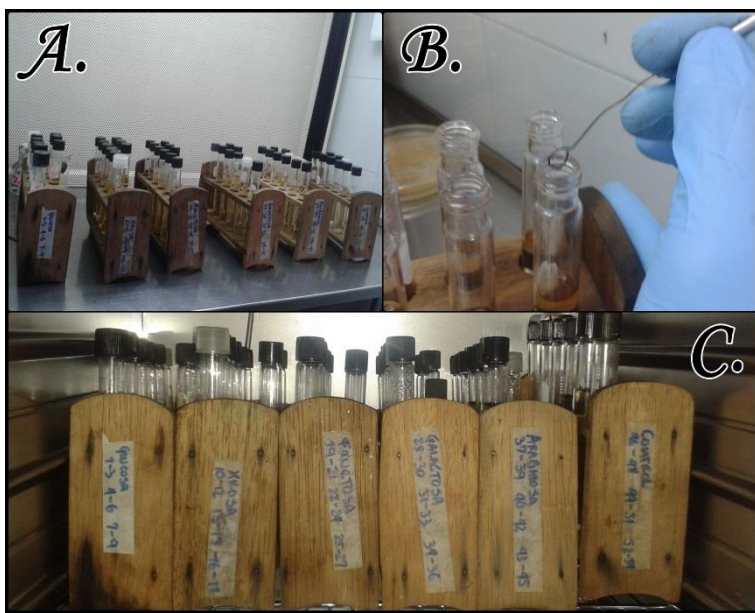


Imagen 5.12. Caldos de cultivo e inoculación.

- A.** Tubos con Caldo de Cultivo en la Cámara de Flujo Laminar.
- B.** Inoculación del hongo en los tubos.
- C.** Tubos con Caldo de Cultivo inoculados en la incubadora.

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018)

Siguiendo la misma estructura del estudio del crecimiento el día de la siembra es contabilizado como *Día 0*; de tal manera que la prueba se llevó a cabo en el día 16.

Para la realización de esta prueba resulta importante tener en cuenta un par de consideraciones. En primer lugar, la celulosa es un homopolisacárido puesto que “es un biopolímero compuesto exclusivamente de moléculas de β -glucosa [...] formando una estructura cristalina resistente a la hidrólisis y regiones amorfas susceptibles a la degradación enzimática. Al hidrolizarse totalmente se obtiene glucosa” (Escobar, Rúa, Silva, Venturini & Mambeli, 2015, p.142). De este modo, la enzima encargada de tal

degradación es la celulasa; y sabiendo que los polisacáridos, al igual que “los disacáridos no pueden entrar en las células sin haber sido previamente hidrolizados” (Nelson & Cox, 2005, p.535), se entiende que el *Penicillium sp.*, al producir esta enzima celulolítica, aumentaría la concentración de glucosa en el medio y, a su vez, disminuiría los niveles de celulosa.

En ese orden de ideas, ante la dificultad para hallar un protocolo *cuantitativo* apropiado; asimismo como la consecución de determinados reactivos y/o instrumentos, se optó por realizar una prueba con base en la transmitancia registrada por el espectrofotómetro añadiendo el compuesto *orto-toluidina* teniendo como fundamento el hecho de que esta se utiliza en la determinación de la glucosa gracias a una reacción de condensación (Brilla, Schosinsky, Esquivel & Chavarría, 1977).

Por tanto, para calibrar el espectrofotómetro a *absorbancia 0*, se elaboró un patrón de glucosa de reserva, el cual se hizo diluyendo 1 g de glucosa anhidra en 100 ml de agua destilada junto con ácido benzoico (Brilla *et al.*, 1977). Este último se realizó tomando un gramo de ácido cristalizado para transferirlo a un tubo de ensayo limpio y seco. Se añadieron 20 gotas de alcohol acetona y se agitó; para finalmente continuar agregándole gradualmente hasta que se hubiesen diluido los cristales (Anónimo, 2017).

A la vez, se preparó un tubo de ensayo con Caldo de Cultivo Control, siguiendo las mismas especificaciones mencionadas con anterioridad, excluyendo la glucosa, agregándole únicamente 0,48 g. Esto para establecer la curva de calibración, junto con otros tubos idénticos con concentraciones de 0,28 g, 0,38g y 0,58 g del mismo azúcar.

Hecho esto, se tomaron uno a uno los 54 medios de cultivo y se colocaron en cubetas de cristal para ser introducidas al espectrofotómetro, momento en el que se le agregó una gota de O-Toluidina a cada una y se procedió a registrar la medición obtenida en términos de *Transmitancia*.

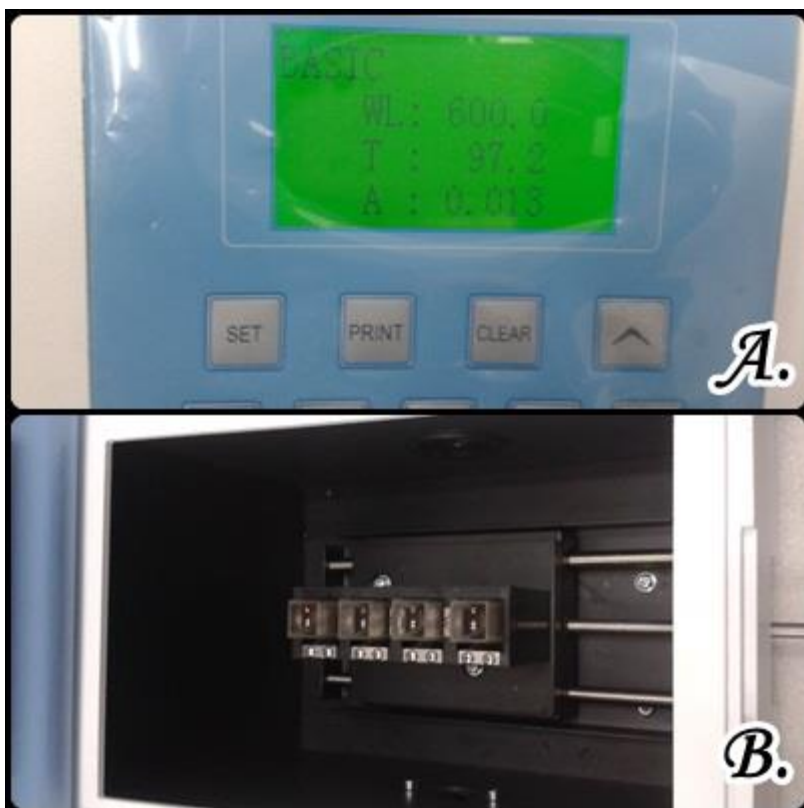


Imagen 5.13. Prueba de Transmitancia en los Caldos de cultivo.

- A. Espectrofotómetro con el registro del patrón de glucosa de reserva.
- B. Cuatro Caldos de Cultivo vertidos en las cubetas de cristal y colocados en el espectrofotómetro.

5.2.4 INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

Una vez acordado con el profesor titular de la asignatura, se decidió trabajar con los estudiantes de Tercer Semestre de la Licenciatura en Biología en el componente de Química Analítica 2018-I, en los dos grupos. Con el fin de evitar distracciones, el docente a cargo permitió el dominio absoluto de la intervención por parte de los autores del presente trabajo sin su presencia en el laboratorio, habiendo avisado de antemano a los estudiantes acerca del proyecto y la aplicación académica.

Para llevar a cabo este acompañamiento, se elaboró una Guía de Actividades en el Aula (Anexo A) en la cual se presentaban tres principales momentos: inicialmente se buscó

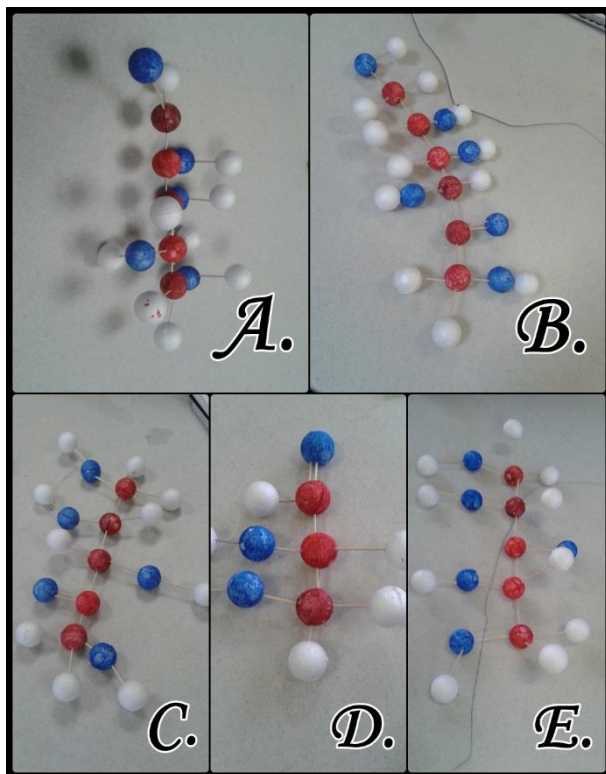


Imagen 5.14. Modelos de monosacáridos realizados por los estudiantes de Química Analítica.

Las bolas rojas representan Carbono (C), las azules Oxígeno (O) y las blancas Hidrógeno (H).

A. y B. Modelos del Grupo 1.

C. D. y E. Modelos del Grupo 2

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018)

determinar los conceptos previos a la clase que tienen los futuros licenciados acerca de azúcares simples; en segundo lugar, una explicación apoyada en diapositivas con relación a la estructura y composición de los monosacáridos; y de esa misma manera la tercera parte, que incluía lo relativo al metabolismo básico de los monosacáridos. Adicionalmente, se dejó una actividad complementaria con el manejo de variables en estudios científicos como tema central.

En ese orden de ideas, la primera parte constó de una revisión y guía de lo que los estudiantes sabían y/o consideraban acerca de los monosacáridos y las implicaciones de su consumo excesivo. En el segundo momento, se llevó a cabo una primera explicación teórica de las generalidades y características de glúcidos y, de manera más específica, de los azúcares simples para que posteriormente, con el fin de reconocer los conocimientos que poseen en lo relativo a la química orgánica, los Maestros en Formación de Tercer Semestre realizaran unos modelos de moléculas de distintos monosacáridos, identificando números de enlaces según la valencia del elemento, grupos funcionales y la nomenclatura de estos compuestos dependiendo de dos características

principales: el número de carbonos y la ubicación del grupo carbonilo (Imagen 5.14). Finalmente, en la última hora de la clase, se explicaron las reacciones propias de la glucólisis y se intervino en relación a la glucogénesis, resolviendo las dudas que pudieron generarse; para cerrar la primera intervención con una breve introducción a las variables y su manejo, apoyándose para la clase en una corta serie de diapositivas (Anexo B).

De manera previa a la segunda intervención, se llevó a cabo la preparación de 18 medios de cultivo más usando Glucosa, Xilosa y Fructosa, con la variación del pH hacia la acidez y la basicidad (mediante ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, respectivamente), dejando 6 de estos en estado neutro. De este modo, se obtuvieron las variaciones de cada monosacárido con los tres pH, reservando 9 cajas de Petri, divididas equitativamente, para cada uno de los

dos grupos de estudiantes del componente. Así pues, estos medios fueron sembrados con la cepa del hongo, con el fin de que ellos pudieran replicar los métodos de medición utilizados durante el ensayo experimental, favoreciendo el fortalecimiento de la organización, análisis y manejo de variables en estudios científicos.

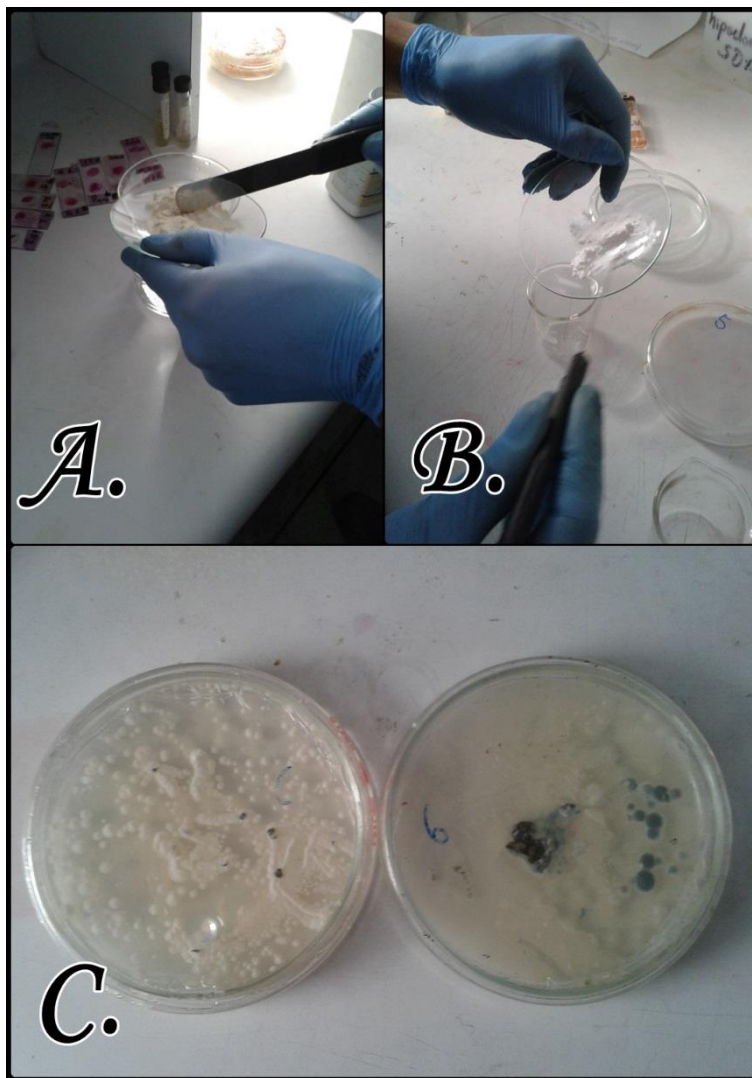


Imagen 5.15. Realización de medios de cultivo por parte de los estudiantes de Química Analítica.

A. y B. Estudiantes preparando los medios de cultivo días antes de la clase.

C. *Penicillium sp* sembrado por los estudiantes en los medios preparados por sus compañeros.

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018)

Puesto que se ha reconocido la importancia de la participación de los estudiantes en todas las etapas de la construcción del conocimiento, con anterioridad a la segunda clase, se realizó también una nueva preparación de 6 medios de cultivo para cada grupo de estudiantes (Grupo 1 y 2) por parte de algunos de ellos mismos bajo la guía de los autores del presente Trabajo de Grado durante dos días distintos, en los que variaron el pH en 4 de ellos, 2 disminuidos (ácidos) y 2 aumentados (básicos) y enriquecieron los sustratos con los 5 monosacáridos utilizados en el ensayo experimental más uno que mantuvieron como control (Imagen 5.15).

Durante la segunda sesión de clase programada se desarrolló la actividad práctica de laboratorio (Anexo C) en la que se explicó paso a paso el porqué de cada requerimiento del protocolo; así, en los medios preparados por sus propios compañeros, llevaron a cabo la siembra del microhongo. En este punto, debido a la limitación del tiempo y gracias a la previsión de los autores, se les

presentaron las cajas de Petri preparadas y sembradas con anterioridad, en las cuales ya había crecido el *Penicillium sp* y se había desarrollado de tal modo que fuera posible para ellos

realizar las mediciones del crecimiento siguiendo, entre todos, las indicaciones del Maestro encargado, de modo tal que conjuntamente todo el grupo obtuviese los datos necesarios para el análisis posterior. Asimismo, mientras se llevaba a cabo el protocolo descrito para el cálculo de la biomasa con un representante por mesa de trabajo, los demás efectuaron los ensayos de *Barfoed*, *Seliwanoff* y *Bial*, tal como se encuentran descritos en el anexo mencionado, al final del presente documento de Trabajo de Grado.

5.3. PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DE LA HIPÓTESIS

A continuación, se presentará la hipótesis general del estudio, cuyo fundamento es el proceso de formación en manejo de variables, su potenciación y desarrollo a través del *experimento* en los estudiantes de Tercer Semestre del PCLB. Posteriormente se muestra la hipótesis específica del estudio biotecnológico experimental con el Hongo del Género *Penicillium*.

5.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

La enseñanza basada en la experimentación y la práctica de laboratorio, por medio del ensayo con el *Penicillium sp* respecto a la incidencia que tiene la variación del pH y el monosacárido presente en el sustrato en su crecimiento y desarrollo, así como también en la producción de la enzima catalítica celulasa, potencia y facilita el desarrollo del pensamiento científico representado en el manejo de variables en estudiantes de Tercer Semestre del PCLB.

5.3.2 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO BIOTECNOLÓGICO

La presencia de distintos monosacáridos y la variación del pH en el medio de cultivo incide en el crecimiento (poblacional) y desarrollo del Penicillium sp., afectando de esa misma manera su producción de la enzima celulolítica celulasa debido a la absorción y asimilación diferencial, por parte de este microhongo, de los cinco diferentes glúcidos disueltos en el sustrato en relación, igualmente, con los tres grados de acidez o basicidad utilizados.

5.4. VARIABLES E INDICADORES

Para el presente Trabajo de Grado se estableció bajo el margen de una serie de variables desde el ámbito disciplinar, siendo estas, la *variación del pH* y la *presencia de cinco distintos monosacáridos en el sustrato* disponible en el medio de cultivo para el hongo, como independientes; y la *tasa de crecimiento* y la *producción de la enzima celulolítica celulasa*, como dependientes. Asimismo, se decidió no incluir la temperatura como una variable puesto que las células son sistemas isotérmicos que trabajan a temperaturas básicamente constantes, por lo que el flujo de calor no es una fuente de energía, puesto que este puede realizar trabajo únicamente cuando pasa a un objeto o a una zona más fría (Nelson & Cox, 2005).

Por otra parte, desde la visión pedagógica, se manejó la variable dependiente consistente el *desarrollo del pensamiento científico experimental* en estudiantes de Tercer Semestre, representado en la habilidad y manejo de variables en estudios Biotecnológicos como método para afianzar e integrar los conocimientos propios de la ciencia y la didáctica propios de los futuros Licenciados en Biología; siendo así las independientes los dos momentos de intervención, representados por la *enseñanza acerca de los monosacáridos* (Anexos A y B),

junto con la realización de un *laboratorio experimental* con monosacáridos y el microhongo (Anexo C).

Como indicadores de estas variables se utilizaron una serie de tablas en las que se registraba el crecimiento mediante tres distintos métodos, así como uno distinto para la producción enzimática, siendo las unidades de medida el número de *Unidades Formadoras de Colonia*, el *Área de Dispersión* en mm² y el *Gramaje de la Biomasa*, para el primer caso; y la medición de la *Transmitancia* en los medios de cultivo líquidos, para el segundo. En cuanto a la intervención pedagógica con los estudiantes de Tercer Semestre del PCLB 2018-I, se recurrió a las respuestas dadas por los futuros licenciados a las preguntas de la guía previa (Anexo A) y los Informes de Laboratorio que fueron entregados.

5.5. POBLACIÓN

La población seleccionada para enfocar la práctica del presente Trabajo de Grado fue escogida en conjunto con el asesor y se llegó al acuerdo de llevarla a cabo con el grupo de estudiantes del Eje Curricular Diversidad del Proyecto Curricular de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, puesto que representaba una ventaja a la hora de que el profesor titular cediese unas horas de clase para la aplicación de este ensayo experimental, base del Proyecto descrito en este documento. De otra parte, se presentaba la necesidad de realizar esta intervención debido a que, por causas ajenas al control del cuerpo de educadores de la UPN, el semestre anterior se desplegó una serie de inconvenientes para la ejecución de todas las clases en la mayoría de los componentes del Eje Curricular Crecimiento y Desarrollo, razón por la cual, el cuerpo estudiantil no tuvo la oportunidad de acceder a la totalidad del conocimiento impartido en el plan de estudios de Química Orgánica. De esta manera, este trabajo se justifica por sí mismo desde ese punto de vista como un intento de subsanar algunos de los vacíos conceptuales que podrían presentar quienes están cursando la asignatura de Química Analítica.

5.6. MUESTRA

La muestra seleccionada para el presente estudio fue una cepa de *Penicillium sp* por cuanto no se presentaban dificultades de orden legal para la obtención del organismo, gracias a su disponibilidad en el cepario del Departamento de Biología de la UPN. Asimismo, representa un biosistema no patógeno, lo que confirma la seguridad de recurrir a él para prácticas educativas en las distintas instituciones del país. De otro lado, se conoce de manera cualitativa que ascomicetos del mismo género de este microhongo (y este mismo *per se*) produce enzimas de interés biotecnológico tales como la celulasa.

Este interés e importancia de orden biotecnológico las enzimas celulolíticas es expuesto por Ovando y Waliszewski (2005) cuando dicen que, debido a la naturaleza química de compuestos vegetales, la industria extractiva de algunos de estos se ve enfrentada a algunos inconvenientes por su dificultad en la extracción como tal y el consumo de tiempo para dicho proceso. En este punto reconocen la importancia de la aplicación de enzimas como alternativa para contrarrestar los problemas a la hora de obtener aceites esenciales y comestibles, la

producción de jugos de fruta o de vegetales, y la elaboración de pigmentos, saborizantes y aromas.

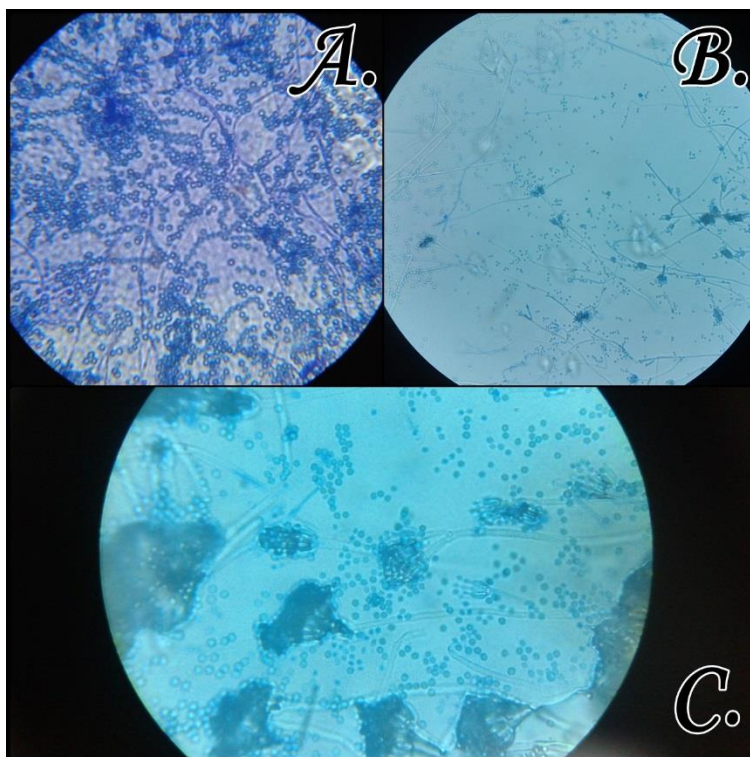


Imagen 5.16. Vista microscópica del *Penicillium* sp.

Para la observación de microhongos resulta útil la tinción con azul de lactofenol. No obstante, por razones de orden económico, otra opción puede ser el azul de metileno.

- A. Vista con azul de metileno con el objetivo de 100X.
- B. Vista con azul de lactofenol con objetivo de 40X.
- C. Vista con azul de lactofenol con objetivo de 100X.

En B y C se pueden apreciar los conidios característicos que recuerdan morfológicamente a un pincel, con terminación en fiálides.

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018)

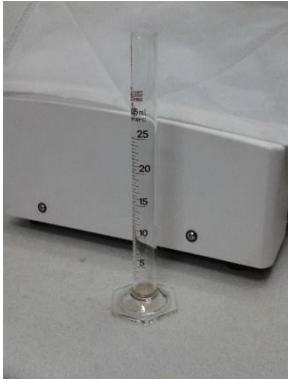
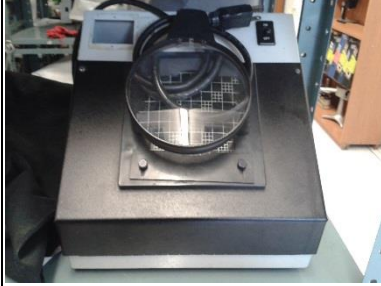
5.7. INSTRUMENTOS Y MATERIALES

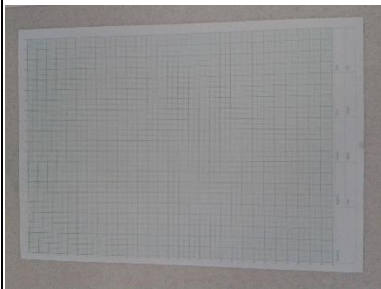
Los instrumentos usados en esta investigación se fundamentaron en el uso de dos estrategias de adquisición de datos, la primera la *Guía didáctica* (Anexo A), en la cual los estudiantes ubican sus ideas previas, y el posterior desarrollo de contenido para finalmente representar por medio de gráficas y tablas la resolución de los estudios de caso ubicados para comprender e interpretar el nivel de estos para manejar hipótesis biológicas. El segundo instrumento se encuentra en la *Guía de Laboratorio* (Anexo C), donde por medio de la experimentación en laboratorio los estudiantes consignan sus avances experimentales y se observa el manejo de variables, ya habiéndoles enseñado los protocolos de investigación con *Penicillium* sp, lo

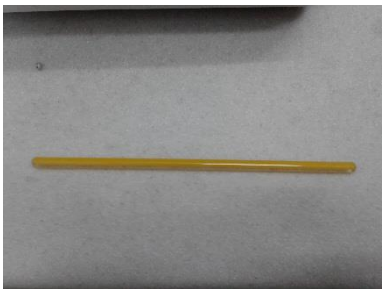
cual permite observar el contraste para la posterior realización de conclusiones y resultados (Dobles, Zúñiga & García, 1996). Así como también se recurrió a una evaluación docente de la práctica llevada a cabo y los informes de laboratorio entregados por los estudiantes. Del mismo modo, por cuanto se refiere al ensayo experimental *per se*, se utilizaron las Tablas y Gráficas presentes en el siguiente capítulo.

Asimismo, a continuación, se presenta una lista ilustrativa de los materiales de los que se hizo uso a lo largo de todo el proceso biológico y educativo.

Instrumento	Fotografía	Instrumento	Fotografía
Cajas de Petri		Microscopio	
Plancha de Calentamiento con Agitación Magnética		Incubadora	
Autoclave		Asas	

Báscula de Precisión		Destilador / Agua Destilada	
Potenciómetro		Cámara de Flujo Laminar	
Papel Tornasol		Probeta	
Vasos de Precipitado (Beakers)		Matraces Erlenmeyer	
Horno de Microondas		Contador de Colonias	

Vidrio de Reloj		Papel Milimetrado	
Azúcares		Plástico Vinipel	
PDA		Azul de Metileno / Azul de Lactofenol	
Hidróxido de Sodio		Rojo Congo	
Ácido Sulfúrico		Laminas y Laminillas	

Agitador		Guantes	
Mecheros		Cepa de <i>Penicillium</i> sp.	
Espátula		Pipeta de Pasteur	
Papel Aluminio		Papel Parafilm	
Bolas de Icopor		Palillos	

Tubos de Ensayo con Tapa Rosca y Gradilla		Cinta Adhesiva y Tijeras	
Aceite de Inmersión		Embudos	
Reactivos Práctica Monosacáridos		Medio de Cultivo Líquido (Glucosa, EM y Peptona)	
Sorbosa		Ortótolidina	
Cubetas de Cristal		Espectrofotómetro	

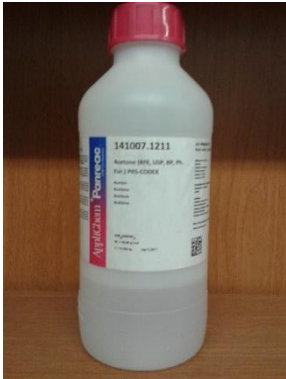
Pipeta y Pipeteador		Tubo de Ensayo	
Ácido Benzoico		Acetona	

Tabla 5.2. Listado de todos los materiales utilizados durante la construcción del Ensayo Experimental y la Intervención Didáctica propios del presente Trabajo de Grado.

(Fotografías de D.F. Nieto, 2018).

5.8. ESTUDIO PILOTO

Como parte del proceso de desarrollo del presente Trabajo de Grado, se tuvo que llevar a cabo un estudio piloto en el cual se comprobaron las variables del diseño experimental a fin de confirmar que a partir de estas se pudieran obtener resultados. Por otro lado, permitió fortalecer las habilidades de laboratorio, en autores y estudiantes, e identificar las posibles dificultades logísticas que se podrían presentar durante la elaboración del estudio principal. Así pues, se describirá a continuación la estructura metodológica que se tuvo en cuenta.

Como primera medida, se eligió trabajar con cajas de Petri con capacidad de 20 ml, puesto que se consideró innecesario utilizar de mayor tamaño al tener en cuenta que sólo se requería comprobar la efectividad y factibilidad del estudio. Por tanto, al igual que se hizo posteriormente en el ensayo experimental principal, se modificaron algunas variables independientes, a saber: el pH del sustrato, la adición de cinco diferentes monosacáridos al medio de cultivo PDA y, (de manera anexa en relación al diseño primordial para este documento), las concentraciones de estos últimos. De esta manera, se seleccionaron los azúcares simples Glucosa, Xilosa, Fructosa, Galactosa y Arabinosa en cantidades representativas relativas a la cantidad de Agar, esto es, 5% (1 g), 3% (0,6 g) y 1,5% (0,3 g). De otra parte, el pH se varió usando Hidróxido de Sodio (NaOH) y Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) para la basicidad y acidez respectivamente, de tal forma que se elevara y disminuyera en aproximadamente una unidad (1±0,3).

En ese orden de ideas, se prepararon 45 medios diferentes, adicionando los monosacáridos al PDA, numerados así:

#	Glucosa	pH	#	Xilosa	pH	#	Fructosa	pH	#	Galactosa	pH	#	Arabinosa	pH
1	0,3 g	Ácido	10	0,3 g	Ácido	19	0,3 g	Ácido	28	0,3 g	Ácido	37	0,3 g	Ácido
2	0,6 g		11	0,6 g		20	0,6 g		29	0,6 g		38	0,6 g	
3	1 g		12	1 g		21	1 g		30	1 g		39	1 g	
4	0,3 g	Neutro	13	0,3 g	Neutro	22	0,3 g	Neutro	31	0,3 g	Neutro	40	0,3 g	Neutro
5	0,6 g		14	0,6 g		23	0,6 g		32	0,6 g		41	0,6 g	
6	1 g		15	1 g		24	1 g		33	1 g		42	1 g	
7	0,3 g	Básico	16	0,3 g	Básico	25	0,3 g	Básico	34	0,3 g	Básico	43	0,3 g	Básico
8	0,6 g		17	0,6 g		26	0,6 g		35	0,6 g		44	0,6 g	
9	1 g		18	1 g		27	1 g		36	1 g		45	1 g	

Tabla 5.3. Numeración de los Medios de cultivo del estudio piloto.

Previamente, las 45 cajas de Petri fueron lavadas y esterilizadas en la autoclave a 121°C durante 15 minutos. Posteriormente, usando la báscula de precisión, se preparó el medio de cultivo en un beaker agregando 35,1 g de PDA a 900 ml de agua destilada (20 ml/caja), siguiendo las indicaciones del sustrato (39 g/L), para luego ser colocado en la plancha para calentarlo y agitarlo simultáneamente.



Imagen 5.17. Medios de cultivo modificados. (Fotografía de D.F. Nieto, 2018).

Mientras tanto, se pesaron y adicionaron los distintos monosacáridos en las concentraciones especificadas en 45 matraces Erlenmeyer, donde se agregó 20ml de medio de cultivo preparado a cada uno. Habiendo diluido, tanto el hidróxido como el ácido en agua destilada, se aplicaron entre una y cinco gotas en cada recipiente a fin de bajar o subir los valores de pH, lo cual se confirmó con ayuda de Papel Tornasol y el potenciómetro. Los sustratos modificados ya listos fueron agitados y sellados para su esterilización en la autoclave en las mismas condiciones descritas anteriormente.

A través de este ensayo se comprobó la efectividad del montaje del experimento pues en todos los medios se presentó crecimiento fúngico. Por esta razón, se seleccionaron las variantes de los medios con glucosa para repetir el procedimiento, esta vez para la siembra

y reproducción del microhongo *Penicillium sp.* Una vez preparados y esterilizados los nuevos medios con glucosa, se vertieron en cajas de Petri, se sellaron con plástico Vinipel y se colocaron en la incubadora hasta el día siguiente.

Pasadas 24 horas, se procedió a realizar la siembra en la Cámara de Flujo Laminar y finalmente se devolvieron a la incubadora donde permanecieron durante una semana a $23 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$. Cumplido ese tiempo se comprobó el crecimiento único del hongo elegido tal como se ve en la Imagen 5.18, gracias a lo cual se escoge usar una concentración de monosacárido del 3% en relación con la capacidad de la caja de Petri para el agar. A partir de estos cultivos se extrajo la muestra que representaría la cepa de siembra para el estudio principal.

Por otro lado, la producción de celulasa fue mínima debido a la carencia de celulosa en el medio, lo que se corrigió para el ensayo experimental principal. Esta se probó mediante el test de Rojo Congo descrito por Jiménez (2008, citado por Páez, 2014).

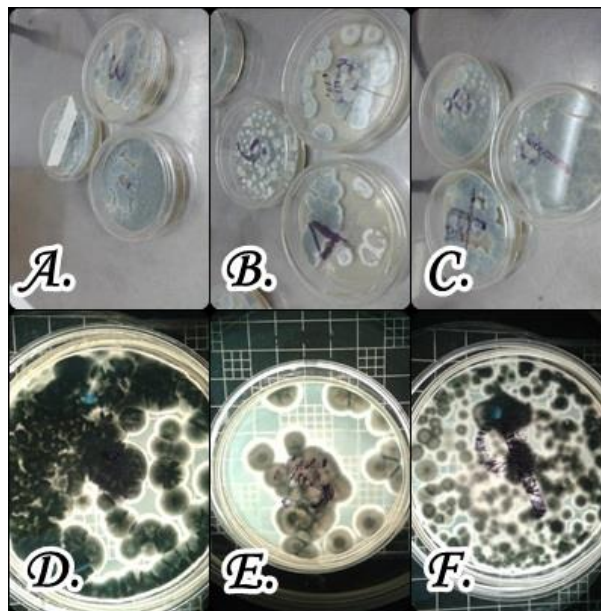


Imagen 5.18. *Penicillium sp* obtenido del estudio piloto.

A. Medios ácidos.

B. Medios neutros.

C. Medios básicos.

D. E. & F. Muestras individuales de estos cultivos vistos en el contador de colonias. (Fotografías de D.F. Nieto, 2018).

5.9. TIPO DE ESTUDIO

A continuación, se muestran las bases metodológicas investigativas en las cuales se fundamentó el presente Proyecto de Grado, describiendo el paradigma, el enfoque y los métodos didácticos.

5.9.1 PARADIGMA

El proyecto se basó en el paradigma *Interpretativo*. Este paradigma se fundamenta en la actividad comprensiva de la realidad, entendiendo desde las raíces epistemológicas su carácter subjetivo, donde el investigador, en este caso los Licenciados en Biología, entienden las problemáticas pedagógicas, didácticas y experimentales, desde la interacción comunicativa con el contexto y con los sujetos implicados. No obstante, esta interpretación se realiza con una hipótesis de trabajo flexible y siempre realizando las conclusiones desde una perspectiva holística e integral (Arnal, Del Rincón & Latorre, 1992).

5.9.2 ENFOQUE

El enfoque que se tuvo fue el *Mixto*. Este emergente en los estudios sociales, con base estadística; se fundamenta en la conjunción y uso de los datos de adquisición precisa, con la información cualitativa, tan típica en estudios con sujetos activos. Esta elección se justifica desde la interacción entre la precisión de la que dota una investigación cuantificable con la pertinente significación social y pedagógica de las impresiones subjetivas en el trabajo didáctico experimental con los estudiantes (Dobles *et al.*, 1996).

5.9.3 MÉTODOS DIDÁCTICOS Y DE APROPIACIÓN CONCEPTUAL

El presente Trabajo de Grado se ubica en los formatos de Investigación Pedagógica, específicamente en los mencionados *estudios de caso*, en los cuales un grupo focal (como lo son los estudiantes de Tercer Semestre del PCLB), son elegidos como *muestra* de la población general para averiguar la incidencia que tendría una apuesta experimental para enseñar del manejo de variables en estudios biotecnológicos.

Para lo anterior, se utilizó como estrategia de apropiación conceptual la *experimentación biológica* con el hongo *Penicillium sp*; de la misma manera, en la antes aludida *guía didáctica*, se utilizaron sistemáticamente pequeños esbozos experimentales dentro del aula, tales como la pregunta problema, los casos de estudio y realización de modelos de representación molecular (Dobles *et al.*, 1996).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta todo el desarrollo procedimental que se ha llevado a cabo a lo largo del proceso de elaboración del presente Trabajo de Grado, a continuación, se presentarán, en un primer momento, los resultados obtenidos a partir de la realización del ensayo experimental biotecnológico acerca de la incidencia del tipo de monosacárido y variación del pH en el crecimiento y desarrollo del hongo *Penicillium sp* junto con su producción de enzima celulolítica celulasa junto con la discusión de los mismos; para posteriormente abordar aquellos cuya consecución proviene de la intervención pedagógica con los estudiantes del Eje Curricular Diversidad 2018-I.

6.1. RESULTADOS Y DISCUSIONES DEL CRECIMIENTO FÚNGICO

La organización de los datos obtenidos se presentará de acuerdo a los métodos de medición utilizados y descritos en el capítulo anterior. Se debe tener en cuenta que, debido a que el Ensayo Experimental se hizo por triplicado, a la hora de graficar los valores se toma el dato promedio de las tres cajas de Petri, aproximado a la cifra significativa (redondeo).

pH Ácido Colonias	Día 3				Día 5				Día 8			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	7	68	320	132	27	53	320	133	35	47	320	134
Xilosa	4	4	2	3	33	133	15	60	45	188	20	84
Fructosa	1	4	7	4	56	68	33	53	80	96	44	73
Galactosa	6	6	5	6	86	21	27	45	120	28	37	62
Arabinosa	16	3	4	8	17	57	80	52	18	80	113	70
Control	6	2	3	4	42	76	40	52	57	107	56	73
pH Ácido Colonias	Día 9				Día 10							
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$				
Glucosa	35	61	320	139	35	83	320	146				
Xilosa	56	188	20	88	72	188	20	93				
Fructosa	107	96	51	85	148	96	61	102				
Galactosa	139	31	37	69	168	36	37	80				
Arabinosa	22	101	114	79	27	133	116	92				
Control	63	143	87	97	71	196	134	134				

Tabla 6.1. Medición de Crecimiento de *Penicillium sp* por Unidad Formadora de Colonias en pH ácido.

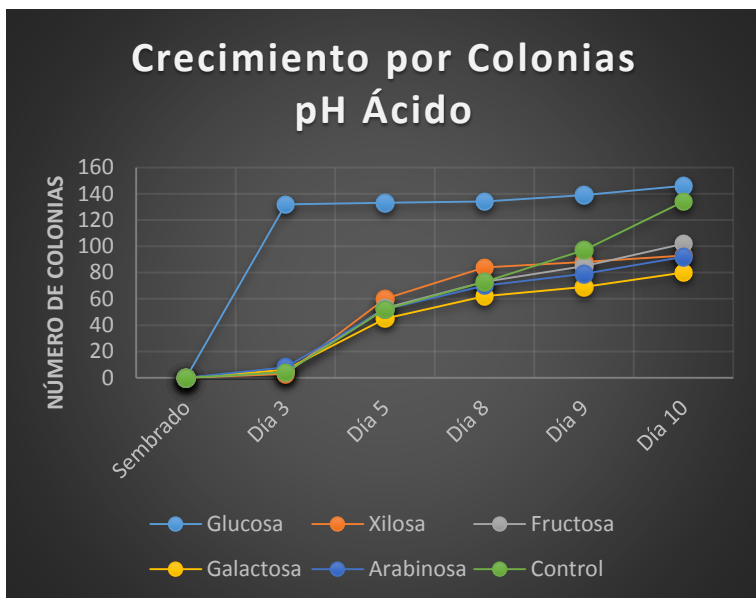


Figura 6.1. Gráfica lineal del Crecimiento de *Penicillium* sp por Unidad Formadora de Colonia en pH ácido.

A partir de los datos tomados durante el desarrollo del Ensayo Experimental, se evidencia que el medio adicionado con Glucosa presentó un rápido crecimiento en la trofófase, del mismo modo que al día de finalización del conteo se mantiene como el medio con mayor número de colonias; lo cual implica que el grado de esporulación se vio beneficiado por la presencia de este azúcar, posiblemente porque su disponibilidad facilitaba el proceso de degradación más que con los otros. Asimismo, se observa que aparte de este, el medio

con las condiciones de control es el que le sigue en productividad, probablemente debido a que el proceso de degradación de los otros glúcidos no resulta tan eficiente en comparación.

Con respecto a los medios con pH neutro, se puede observar el acentuado crecimiento de la Galactosa en relación con los demás monosacáridos; no obstante, esta elevación se presentó tan sólo hasta el día 5, lo cual indica un desarrollo tardío, probablemente a causa del proceso de absorción por parte del hongo de este glúcido. Es notable también que el medio de control nuevamente alcanzó la segunda mejor producción, aunque en esta ocasión seguido de cerca por la Xilosa. En cuanto a la Glucosa, es posible que el pH un poco más elevado afecte los procesos metabólicos del microhongo, lo que favoreció otro glúcido diferente.

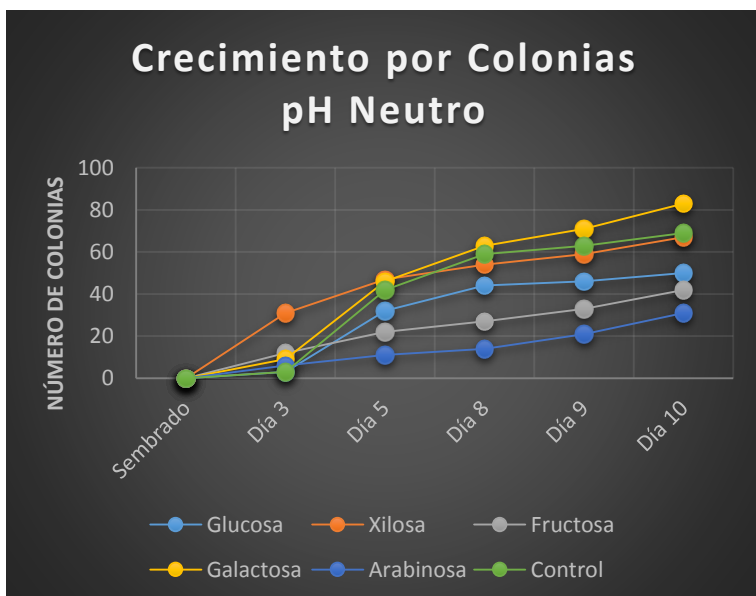


Figura 6.2. Gráfica lineal del Crecimiento de *Penicillium* sp por Unidad Formadora de Colonia en pH neutro.

pH Neutro Colonias	Día 3				Día 5				Día 8			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	3	2	5	3	28	2	65	32	39	2	90	44
Xilosa	81	6	5	31	106	11	24	47	117	13	32	54
Fructosa	4	27	5	12	19	27	20	22	26	27	27	27
Galactosa	20	2	4	9	25	15	99	46	27	21	140	63
Arabinosa	1	4	13	6	14	6	14	11	20	7	14	14
Control	2	2	4	3	91	29	5	42	129	41	6	59

pH Neutro Colonias	Día 9				Día 10			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	47	2	90	46	58	2	90	50
Xilosa	117	27	34	59	117	47	38	67
Fructosa	31	27	41	33	38	27	62	42
Galactosa	29	44	140	71	31	78	140	83
Arabinosa	20	7	35	21	20	7	66	31
Control	129	49	11	63	129	60	19	69

Tabla 6.2. Medición de Crecimiento de *Penicillium* sp por Unidad Formadora de Colonias en pH neutro.

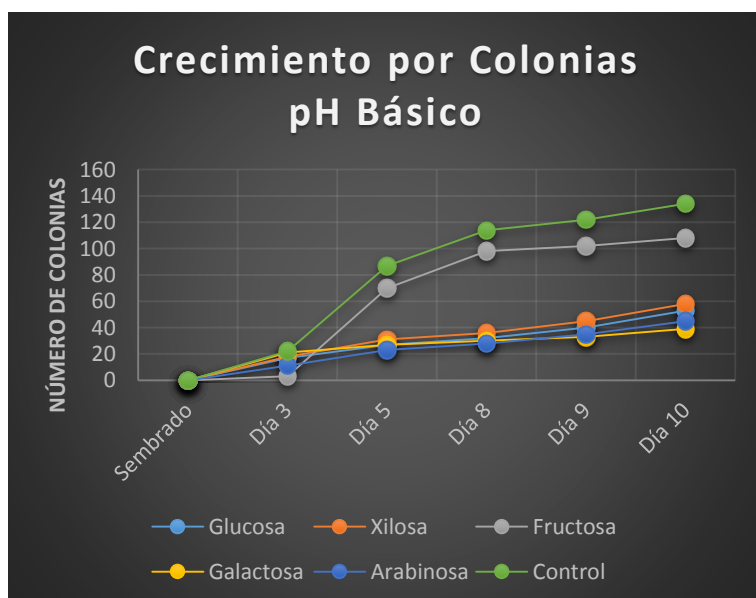


Figura 6.3. Gráfica lineal del Crecimiento de *Penicillium* sp por Unidad Formadora de Colonia en pH básico.

En estas condiciones y mediante este método se evidencia una predominancia del crecimiento por parte del medio sin adiciones de monosacáridos en pH básico, ante lo cual se especula que el pH tan elevado dificulta la disponibilidad neta del azúcar por el gradiente de disolución con el PDA o la manera en que el hongo la incorpora, aunque pueden ser ambos.

pH Básico Colonias	Día 3				Día 5				Día 8			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	3	14	34	17	11	22	49	27	14	25	56	32
Xilosa	1	46	7	18	33	46	14	31	46	46	17	36
Fructosa	2	2	5	3	136	62	11	70	193	87	14	98
Galactosa	5	53	4	21	9	64	8	27	10	69	10	30
Arabinosa	26	3	5	11	30	23	16	23	32	32	21	28
Control	2	60	5	22	169	62	30	87	240	63	40	114
pH Básico Colonias	Día 9				Día 10							
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$				
Glucosa	28	31	62	40	49	39	71	53				
Xilosa	64	46	25	45	92	46	36	58				
Fructosa	193	97	16	102	193	113	19	108				
Galactosa	10	71	19	33	10	75	32	39				
Arabinosa	32	46	27	35	32	68	35	45				
Control	240	73	53	122	240	89	72	134				

Tabla 6.3. Medición de Crecimiento de *Penicillium* sp por Unidad Formadora de Colonias en pH básico.

Como se puede observar a continuación en la Figura 6.4, el hongo en medio de Arabinosa en pH ácido, concorde con lo registrado por Luque (1989) en cuanto a la acidez, tuvo un elevado reporte en cuanto al área, lo que significa que este monosacárido permitió una distribución más efectiva; probablemente debido a su fácil absorción por su carácter de pentosa, esto también explicaría por qué el medio de control mostró un pobre crecimiento por área, como se comentó anteriormente, debido a la poca cantidad de azúcar en la cual se cultivó lo cual representaría una menor cantidad de energía para producir más.

pH Ácido Área mm ²	Día 3				Día 5				Día 8			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	24	270	1410	568	5368	2759	3448	3858	7658	3825	4321	5268
Xilosa	11	30	15	19	87	561	89	246	120	789	120	343
Fructosa	65	45	37	49	97	45	5205	1782	110	45	7420	2525
Galactosa	152	120	198	157	5100	187	318	1868	7220	215	370	2602
Arabinosa	59	55	86	67	95	5142	4525	3254	110	7322	6428	4620
Control	135	200	40	125	374	2333	54	920	476	3247	60	1261

pH Ácido Área mm ²	Día 9				Día 10			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	7719	4235	4841	5598	7810	4850	5620	6093
Xilosa	379	3522	202	1368	768	7621	325	2905
Fructosa	3109	45	7456	3537	7608	45	7509	5054
Galactosa	7448	327	397	2724	7790	496	438	2908
Arabinosa	3116	7363	6605	5695	7625	7425	6870	7307
Control	535	3958	60	1518	623	5025	60	1903

Tabla 6.4. Medición de Crecimiento de Penicillium sp por Área de Dispersión en pH ácido.



Figura 6.4. Gráfica lineal del Crecimiento de Penicillium sp por Área de Dispersión en pH ácido.

pH Neutro Área mm ²	Día 3				Día 5				Día 8			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	45	30	750	275	611	30	5582	2074	853	30	7653	2845
Xilosa	590	18	60	223	5441	18	169	1876	7520	18	215	2584
Fructosa	56	625	38	240	5074	4475	4441	4663	7225	6125	6328	6559
Galactosa	305	120	60	162	456	5064	5093	3538	520	7183	7250	4984
Arabinosa	22	12	60	31	105	21	421	182	140	25	575	247
Control	130	22	107	86	5307	161	542	2003	7525	220	728	2824

pH Neutro Área mm ²	Día 9				Día 10			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	1069	30	7668	2922	1394	30	7690	3038
Xilosa	7658	261	1131	3017	7865	625	2505	3665
Fructosa	7303	6471	6537	6770	7420	6990	6850	7087
Galactosa	2393	7200	7436	5676	5202	7225	7716	6714
Arabinosa	140	177	673	330	140	405	821	455
Control	7565	220	1833	3206	7625	220	3490	3778

Tabla 6.5. Medición de Crecimiento de *Penicillium* sp por Área de Dispersión en pH neutro.

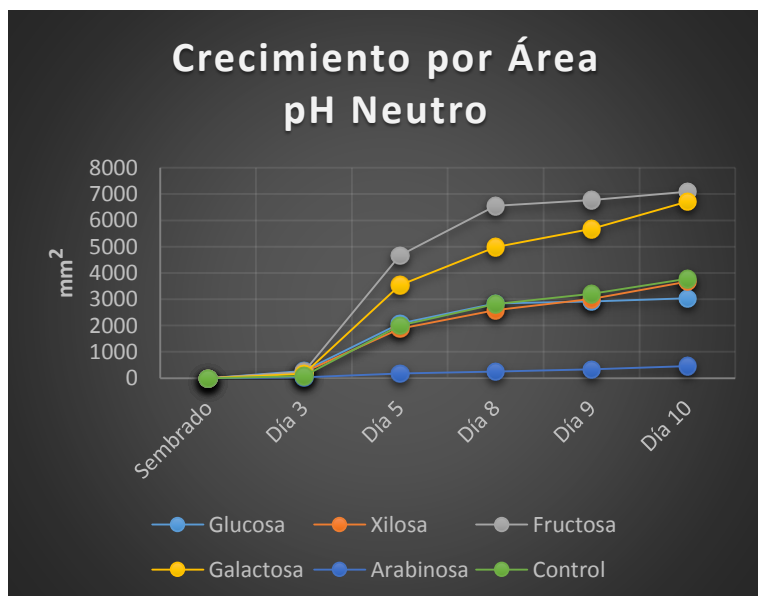


Figura 6.5. Gráfica lineal del Crecimiento de *Penicillium* sp por Área de Dispersión en pH neutro.

Concorde con los datos expresados en la página anterior, en los resultados del pH neutro, se observa un acentuado crecimiento por parte del medio de Fructosa; dato que podemos contrastar con el crecimiento presentado por Arabinosa en el pH ácido, lo cual permite especular que la absorción de estos monosacáridos se ve afectado por la acidez del medio. En este caso la Fructosa, siendo una aldohexosa, se ve favorecida por un pH similar al fisiológico (7,2) mientras que la Arabinosa, según los datos presentados, se beneficia por pH límites, quizás por su carácter de pentosa.

pH Básico Área mm ²	Día 3				Día 5				Día 8			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	18	350	495	288	42	420	4433	1631	52	450	6120	2207
Xilosa	65	3450	37	1184	4255	4413	333	3000	6050	4825	460	3778
Fructosa	152	225	26	134	5306	4355	27	3230	7515	6125	28	4556
Galactosa	50	450	26	175	166	443	1075	561	215	440	1525	727
Arabinosa	680	56	265	334	5524	5354	535	3805	7600	7625	651	5292
Control	33	210	75	106	115	3087	93	1098	150	4320	100	1523

pH Básico Área mm ²	Día 9				Día 10			
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{X}$
Glucosa	73	576	6360	2336	105	764	6720	2530
Xilosa	6352	4906	556	3938	6806	5028	699	4178
Fructosa	7597	6375	99	4690	7720	6750	205	4892
Galactosa	346	444	3399	1396	543	450	6210	2401
Arabinosa	7637	7663	662	5321	7692	7720	679	5364
Control	500	4800	248	1849	1025	5520	470	2338

Tabla 6.6. Medición de Crecimiento de *Penicillium sp* por Área de Dispersión en pH básico.

Como se ha venido comentando anteriormente, la Arabinosa, de acuerdo a los datos registrados, se ve beneficiada por pH límites, es decir, los más ácidos y los más básicos. Esta acentuada distribución de área también demuestra la facilidad que tiene el hongo para expandirse poblacionalmente en medios enriquecidos. Del mismo modo, la Fructosa y la Xilosa demuestran una alta efectividad, lo que podría deberse a que su presencia estimula el crecimiento de las colonias para abarcar un mayor espacio, intentando alcanzar una más elevada cantidad de nutrientes, al menos en un pH básico como este.

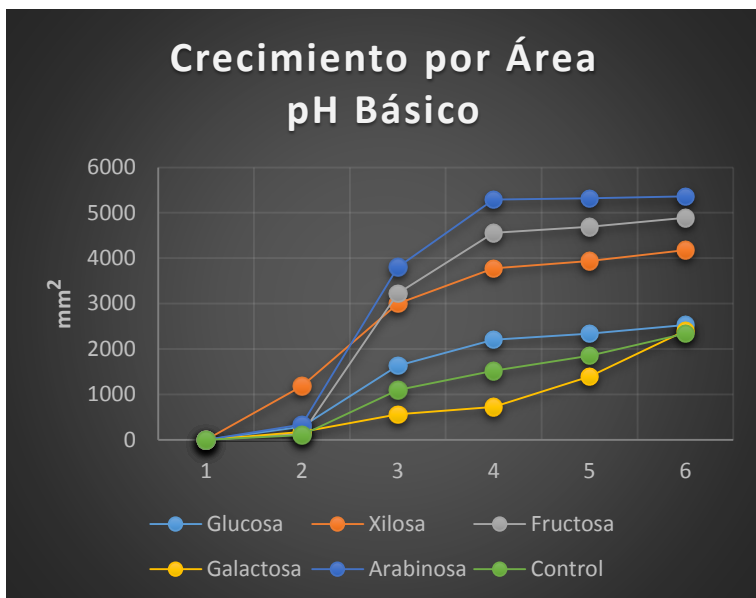


Figura 6.6. Gráfica lineal del Crecimiento de Penicillium sp por Área de Dispersión en pH básico.

pH Ácido Biomasa (g)	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{x}$
Glucosa	2,78	1,68	2,9	2,45
Xilosa	2,97	2,55	2	2,51
Fructosa	1,91	2,02	2,11	2,01
Galactosa	1,75	2,48	0,14	1,46
Arabinosa	1,83	1,49	2,16	1,83
Control	1,8	1,99	1,46	1,75

Tabla 6.7. Medición de Crecimiento de Penicillium sp por Biomasa en pH ácido.

pH Neutro Biomasa (g)	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{x}$
Glucosa	1,85	0,61	2,14	1,53
Xilosa	2,31	2,57	2,56	2,48
Fructosa	2,06	2,61	3,64	2,77
Galactosa	1,86	1,88	1,79	1,84
Arabinosa	2,96	2,06	2,25	2,42
Control	1,92	1,45	1,05	1,47

Tabla 6.8. Medición de Crecimiento de Penicillium sp por Biomasa en pH neutro.

pH Básico Biomasa (g)	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{x}$
Glucosa	0,26	0,21	2,21	0,89
Xilosa	1,71	1,77	2,4	1,96
Fructosa	1,63	1,89	2,73	2,08
Galactosa	2,65	0,99	2,18	1,94
Arabinosa	2,6	2,33	2,72	2,55
Control	1,61	2,42	1,47	1,83

Tabla 6.9. Medición de Crecimiento de *Penicillium sp* por Biomasa en pH básico.

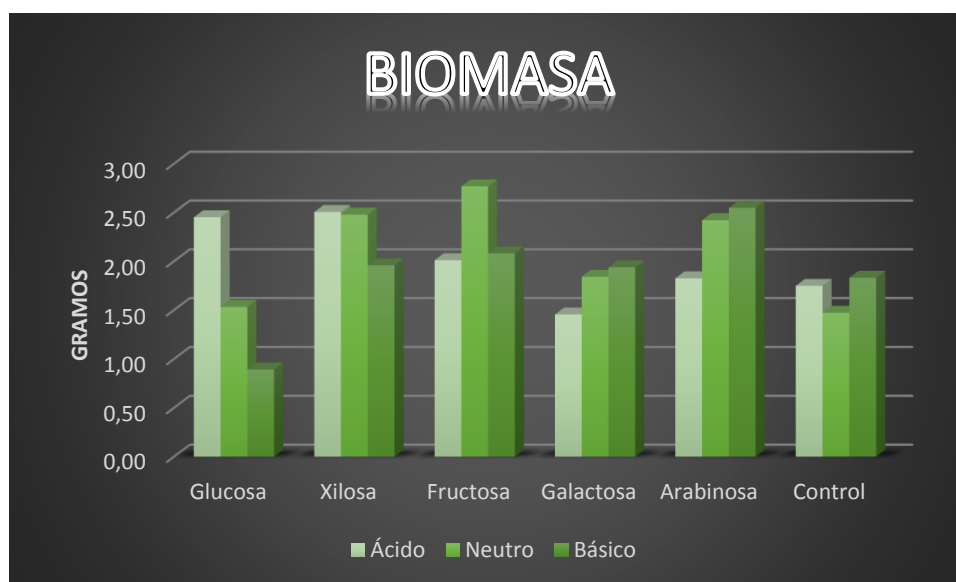


Figura 6.7. Diagrama de barras del Crecimiento de *Penicillium sp* por Biomasa en los pH ácido, neutro y básico.

De acuerdo con los datos registrados en la medición por Biomasa del *Penicillium sp*, es preciso notar que el medio con Fructosa en pH neutro fue el que mejor crecimiento evidenció; esto refuerza el argumento de que la efectividad de este monosacárido se ve beneficiada en ambientes fisiológicos o similares, lo cual a su vez facilita el desarrollo del microorganismo gracias al aumento del metabolismo productivo debido a la energía disponible. En contraste con este resultado, la Glucosa en el medio con pH básico, mostró un pobre desempeño en comparación; lo cual se vio reflejado en la masa del hongo, debido posiblemente a una disminuida absorción a causa del proceso metabólico ralentizado del hongo en pH básicos.

6.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENZIMÁTICA

A continuación, se presentan las tablas y la gráfica correspondientes a los resultados obtenidos en el estudio con los Caldos de Cultivo de Extracto de Malta a través del registro de la *transmitancia* arrojada por el espectrofotómetro. De igual manera que en caso anterior, debido a que cada prueba se realizó por triplicado, para poder graficar los datos de manera organizada, se promediaron las cifras, sin aproximar. En los casos en que la casilla muestra una línea continua significa que ese medio arrojó un registro erróneo, debido a que en algunos de ellos se intentó llevar a cabo otros protocolos con el fin de determinar lo que aquí se expresa.

pH Ácido	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{x}$
Glucosa	131,1	126,9	120,1	126
Xilosa	122	115,1	————	118,6
Fructosa	121,9	125,4	————	123,7
Galactosa	114	115,5	118	115,8
Arabinosa	115,3	110,5	128	117,9
Control	115,4	124,7	————	120,1

Tabla 6.10. Medición de Transmitancia de los Caldos de Cultivo del *Penicillium* sp en pH ácido.

pH Inalterado	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{x}$
Glucosa	————	124,8	136,6	130,7
Xilosa	102,3	113	129,3	114,9
Fructosa	112,4	117,8	116,4	115,5
Galactosa	126,2	125	120,6	123,9
Arabinosa	105,8	————	122	113,9
Control	113,8	125,1	119,7	119,5

Tabla 6.11. Medición de Transmitancia de los Caldos de Cultivo del *Penicillium* sp en pH inalterado.

pH Básico	Caja 1	Caja 2	Caja 3	$\bar{x}$
Glucosa	113,5	100	120,4	111,3
Xilosa	116,8	117,8	—	117,3
Fructosa	117	—	—	117
Galactosa	—	111,2	116,9	114,1
Arabinosa	105,6	106,7	111	107,8
Control	116,2	—	112,2	114,2

Tabla 6.12. Medición de Transmitancia de los Caldos de Cultivo del *Penicillium* sp en pH básico.

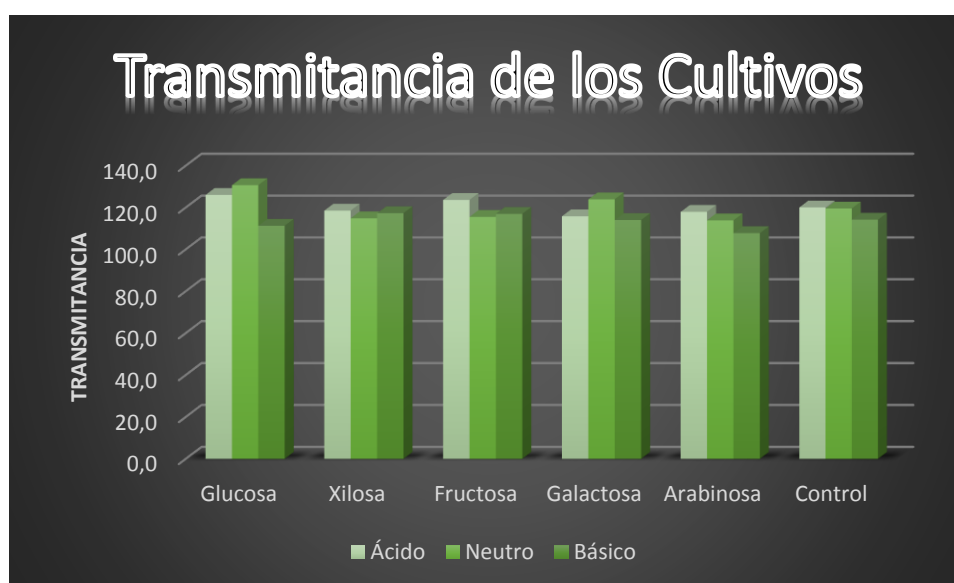


Figura 6.8. Diagrama de barras de la Transmitancia de los Caldos de Cultivo de *Penicillium* sp por Biomasa en los pH ácido, inalterado o neutro y básico.

Es preciso mencionar que cuanto más alta es la transmitancia registrada, se interpreta que la concentración de Glucosa es menor debido a que en su ausencia la O-Toluidina tiene menos sustrato para reaccionar por lo que la luz pasaría más fácil y con mayor potencia a través de la muestra.

A partir de la realización de la prueba indirecta de producción enzimática, en la cual se midieron la transmitancia arrojada por la curva y longitud de onda del espectrofotómetro, es menester el aseverar que la Glucosa en pH inalterado, a diferencia de lo que se podría esperar mostro una producción bastante deficiente de celulasa. En contrapartida, los penicilios cultivados en Arabinosa en pH ligeramente básico mostraron una acentuada producción de esta enzima, concorde con lo descrito por López *et al* (2016), lo cual da cabida para suponer que el metabolismo del hongo se ve beneficiado por pH ácidos y que esta última, por su carácter de pentosa facilita la elaboración de metabolitos secundarios, tales como la celulasa.

6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN A NIVEL DIDÁCTICO

A continuación, se presentan los resultados y análisis por cuanto respecta a los procesos pedagógicos, didácticos y experimentales realizados con los estudiantes del Eje Curricular Diversidad 2018-I. De este modo, en un primer momento se comentarán aquellos obtenidos *a priori*, es decir, antes de la Intervención Didáctica, los cuales están representados por la guía de actividades y los estudios de caso. Finalmente se mostrarán los derivados a partir del análisis de los informes de laboratorio, los cuales darán cuenta de los procesos *a posteriori* de la intervención.

6.3.1 GUÍA DE ACTIVIDADES

6.3.1.1. Contenido Bioquímico. A partir de lo observado durante la primera intervención realizada, y con referencia a la Unidad de Conceptos Previos (Anexo A), es preciso resaltar que los estudiantes del Grupo Uno de Tercer Semestre consideraron a la papa como el alimento con mayor cantidad de glúcidos, lo que significa que sí desligan el dulzor del alimento con el contenido de estos compuestos; no obstante, el cuerpo estudiantil de Grupo Dos, en contraste con los anteriores, pensaron que chocolate como el alimento más cargado de azúcares, argumentando que su carácter dulce era un indicador de su contenido. Asimismo, a la hora de graficar y representar las principales afecciones que causa el alto consumo de mono, oligo y polisacáridos, ambos grupos respondieron que la diabetes era la más relevante enfermedad relacionada; lo que demuestra un sesgo fisiológico y, en cierta medida, un desconocimiento de los procesos bioquímicos de la absorción y funcionamiento del metabolismo de azúcares.

De la misma manera, en el segmento posterior, los estudiantes dieron cuenta, a través de la realización de un modelo molecular, el cómo consideraban la ubicación espacial y estructura de los monosacáridos en términos de enlaces; la totalidad de las mesas de trabajo requirió de la guía del maestro a cargo para la correcta elaboración de la molécula, especialmente en cuanto se refiere a las valencias que presenta cada elemento químico. Igualmente, en la disposición de los átomos que eran representados por bolas de icopor hubo una significativa dificultad, ya que la tridimensionalidad que exigía el azúcar complejizaba su construcción, por lo que se optó por presentarlos en dos dimensiones, aunque con la prudente aclaración. Esto demuestra claramente el potencial de los modelos didácticos a la hora de enseñar y, en este caso, la producción de prototipos facilita el desarrollo de habilidades espaciales que posteriormente favorecerán una compleja e integral conceptualización de los contenidos, por ejemplo, la composición de los azúcares simples.

Finalizando la Guía de Actividades, en términos de desarrollo de contenido, cabe resaltar el hecho de que, como abordaje al segmento de “*Metabolismo de Glúcidos*”, los estudiantes, dando respuesta a la pregunta “¿Creen que los microorganismos como los hongos se ven afectados por el tipo de monosacárido en que crece? ¿Por qué?”, todos respondieron

afirmativamente; no obstante, los desarrollos argumentativos fueron bastante confusos, dado que, por ejemplo, algunos grupos de laboratorio afirmaron que los monosacáridos incidían únicamente en la viscosidad que adquiriría el medio después de su vertimiento; por otro lado, algunos pocos consideraron que estos afectaban debido a la energía que podía obtener el hongo a partir de estos; sin embargo, ningún grupo planteó hipótesis sólidas que fuesen susceptibles a ser experimentadas de manera bioquímica o que representaran un manejo integral de los conceptos metabólicos. Así pues, es demostrada la necesidad de un abordaje holístico experimental, en donde los estudiantes pudiesen reflexionar e integrar conocimientos bioquímicos y fisiológicos con pruebas de laboratorio que dieran cuenta de ellos.

6.3.1.2. Manejo de Variables. En la primera situación planteada (Anexo A), la totalidad de los estudiantes abordaron de manera eficaz el escenario problema mostrando, a su vez, el desarrollo gráfico adecuado, demostrando que el manejo de sistema de variables de uno por uno (1:1) es bastante conocido y sencillo para estos niveles académicos, lo cual facilita el desarrollo de proyectos experimentales sencillos, donde una variable es modificada y afecta únicamente una característica del organismo.

En contraste con la primera situación problema, en el caso B (relación dependiente/independiente de 1:2), el 80% de los estudiantes no identificó de manera correcta las variables dependientes del estudio, puesto que reconocían de manera errónea a la dimensión del Tiempo como una variable del estudio. Por otro lado, las gráficas que se proponen no cumplen de ninguna forma con las precisadas para este estudio, debido a que se les da relevancia a las figuras con forma circular en pastel (que reconocen proporciones dentro de una totalidad) en lugar de utilizarse lineales o de dispersión (que pueden representar curvas de crecimiento o datos a través del tiempo). A partir de esto se da a conocer la dificultad que los tienen para manejar un sistema de variables más complejos donde estas no resultan tan evidentes, lo cual se torna relevante si se considera que la mayoría de los estudios biológicos son lo suficientemente estructurados como para requerir del uso de al menos dos variables independientes.

Finalmente, en la situación problema C (relación 3:2), la totalidad del cuerpo estudiantil del componente Química Analítica dieron muestra de una significativa dificultad para su abordaje evidenciado en una serie de respuestas incorrectas para los cuestionamientos planteados. De la misma manera presentaron confusión a la hora de identificar las variables tanto independientes como dependientes; esto se ha comprobado mediante las consideraciones en las que exponían la Temperatura como Variable Dependiente, lo cual representa un desacierto puesto que durante el desarrollo real del estudio significaría un impedimento para su realización. Por otro lado, el cálculo de la cantidad de medios de cultivo requeridos se alejó por mucho de la respuesta correcta, lo que, junto con el punto anterior, se traduciría en la imposibilidad de llevar a cabo el estudio descrito.

A partir de estos resultados, se hace evidente la potencialidad que tiene la experimentación como potenciador de las habilidades en cuanto al manejo de variables y el planteamiento de hipótesis, puesto que los estudiantes pueden precisar de llevar a lo concreto estos estudios para aprender significativamente tanto los conceptos como los protocolos procedimentales, ambos imprescindibles para la Enseñanza e Investigación en Biología.

6.3.2 PRÁCTICA DE LABORATORIO

Por último, se presentará el producto reflexivo obtenido a partir del análisis de los Informes de Laboratorio que los estudiantes realizaron con base en las actividades planteadas para la segunda sesión de la Intervención Didáctica (Anexo C). Para esto se debe tener en cuenta que, puesto que el objeto fue la estructuración de patrones mentales a través de los cuales los futuros maestros reconocieran la integración interdisciplinar de estudios científicos a través de la didáctica de la ciencia experimental, no se plantearon preguntas para que respondiesen sino que se pretendía que, haciendo acopio de los datos y experiencias recolectadas, ellos fuesen capaces de organizar, graficar e interpretar los resultados, con lo cual reconociesen las potencialidades exploradas mediante su propio progreso académico en lo referente al manejo de variables y razonamiento científico.

A partir de la matriz básica que se presenta en la siguiente página incorporando y analizando cinco aspectos relevantes encontrados en los Informes de Laboratorio entregados, se reconoce un significativo progreso en cuanto respecta al entendimiento y planteamiento de estudios científicos teniendo en cuenta, por ejemplo, en este caso, las distintas ramas de la Biología, así como de otras ciencias involucradas en la enseñanza mediante un Ensayo Experimental, lo que concuerda con los planteamientos de Valbuena (2017). Además, en un 15% de los Informes se aseguró que replicarían la práctica en la escuela.

Así pues, además de lo expresado y presentado por escrito por parte de los estudiantes del componente de Química Analítica 2018-I, durante la práctica de laboratorio demostraban gran interés por las actividades que se iban desarrollando y, asimismo, planteaban preguntas o se les formulaban cuestionamientos con el objetivo de fortalecer, corregir o construir juntos un conocimiento emergente precisamente de la experimentación y del quehacer del maestro.

Por otro lado, se evidenció una dificultad a la hora de integrar las distintas disciplinas, con el caso más sobresaliente siendo las matemáticas y las habilidades de laboratorio. En ese mismo orden de ideas, hubo gran confusión a la hora de elaborar el informe, por lo que fue necesario que los Maestros Encargados, autores de este documento, brindasen una tutoría extracurricular para solventar estas dudas. No obstante, esto refuerza lo que se ha planteado en todo el Trabajo de Grado al demostrar la necesidad de dicha integración para la formación de profesionales educadores de alta calidad. Finalmente, se pudo constatar el pensamiento crítico propio de un Maestro a través de una charla durante la misma práctica.

Aspecto	Manejo de Tablas	Manejo de Gráficas	Interpretación de Resultados	Planteamiento de Hipótesis	Importancia del Laboratorio
Porcentaje Presente	100%	71%	71%	43%	57%
Descripción	Las tablas utilizadas para la recolección de los datos fueron adecuadas en la mayoría de los casos, con la ligera excepción de uno que presentó una organización diferente, un poco confusa pero funcional.	Se presentan ligeras diferencias en algunas gráficas, pero igualmente pueden considerarse adecuadas. El 29% restante presenta gráficas confusas o no las presenta en absoluto, lo que reduce el poder interpretativo.	En la mayoría de los casos se interpretan los resultados con base en las gráficas y las tablas. Asimismo, establecen comparaciones entre unas y otras. La proporción restante no presenta una interpretación de resultados.	A pesar de que un elevado porcentaje interpreta los resultados, menos de la mitad plantean explicaciones plausibles a partir de hipótesis. No obstante, representa un progreso con relación a las concepciones y modos de comprensión previos.	La mayoría de los estudiantes reconocen la potencialidad didáctica del laboratorio y el experimento en el proceso educativo. Un 25% de esta cifra considera la posibilidad de replicarlo en el ámbito escolar.

Cuadro 6.1. Matriz de interpretación de resultados a partir de los Informes de Laboratorio.

7. CONCLUSIONES

En este capítulo se dará resolución y cierre a la reflexión de la experiencia investigativa en términos de los objetivos planteados y sus múltiples potencialidades, tanto en la vertiente pedagógica como en la didáctica y, asimismo, en la experimental biotecnológica.

- El Ensayo Experimental, y en particular este basado en la incidencia de distintos monosacáridos y la variación pH en el crecimiento, desarrollo y producción de enzima celulasa del *Penicillium sp*, tiene un gran potencial en la enseñanza interdisciplinar biológica desde el manejo de variables, debido a que integró conocimientos provenientes de distintas áreas científicas en estudiantes de Tercer Semestre. Además, permitió la inferencia de hipótesis comprobables en laboratorio.
- La experimentación y la práctica de laboratorio para la enseñanza de los conceptos estructurantes del metabolismo de glúcidos resultan bastante eficiente en términos de afianzamiento de los aprendizajes convirtiéndolos en significativos, puesto que incentiva el interés de los estudiantes por interrogar y profundizar en sus características tanto biológicas como didácticas.
- El ensayo experimental y su implementación como medio didáctico otorgaron evidencias de ser útiles en tanto permitieron la configuración de un saber más profundo en la enseñanza de la biotecnología y sus problemáticas tanto procedimentales como conceptuales.
- La siembra y experimentación con el hongo *Penicillium sp* facilitó la enseñanza y adaptación de distintos protocolos procedimentales de laboratorio (preparación de medios, variación de pH, identificación de glúcidos); así como los elementos de los que se precisa (balanza, pipetas, planchas, autoclave).
- La enseñanza de la biotecnología a través del ensayo experimental resultó eficaz para estimular la creatividad de los alumnos en torno a la creación de protocolos didácticos basados en el uso del hongo *Penicillium sp*, su crecimiento y desarrollo.
- El desarrollo del experimento con *Penicillium sp* fomentó y fortaleció las habilidades tanto procedimentales como conceptuales e investigativas de los Maestros autores del presente Proyecto Investigativo, ampliando sus recursos tanto didácticos como pedagógicos en la Enseñanza de la Biología.
- Los distintos métodos utilizados para las mediciones presentan diferentes ventajas y desventajas a la hora del registro de datos. De este modo, el conteo por UFC resulta útil para grados de esporulación; el Área de Dispersión es ventajoso si se desea estudiar el incremento de una colonia en particular; y el peso por Biomasa otorga una cuantificación más exacta del crecimiento total de un microhongo.

- De acuerdo con los datos obtenidos, para una mayor producción del hongo *Penicillium sp*, resulta más provechoso un medio de cultivo adicionado con Fructosa en pH neutro considerando la Biomasa; la Glucosa en pH ácido resultó la mejor combinación en términos de Colonias formadas; y la Arabinosa en medio ácido representa la mejor forma de ver un crecimiento por área abarcada por las distintas colonias. Esto plantea 3 distintas posibilidades de aprovechamiento dependiendo del enfoque biotecnológico o pedagógico que se resulte más adecuado para las diferentes circunstancias.
- Del mismo modo, teniendo en cuenta la Transmitancia registrada, podría *deducirse* que, gracias a un registro de datos promedio, la Arabinosa en medio básico *podría* beneficiar la producción de enzima celulolítica. No obstante, esto está sujeto a interpretaciones, efectividad en los compuestos, instrumentos y métodos utilizados durante el desarrollo del Ensayo Experimental y, por otro lado, habría que evaluar cuán efectiva resulta dicha proteína a través de otras pruebas, otros protocolos y diseños de experimentación que no presentaban una elevada relevancia para la elaboración del presente estudio.

8. RECOMENDACIONES

Al realizar cualquier tipo de Ensayo Experimental es importante revisar si el protocolo cumple con los objetivos que se plantean y la justificación por la que se llevan a cabo. Siendo así, cabe la posibilidad de modificarlos, con motivos biológicos, bioquímicos o pedagógicos a fin de que sean acordes a las metas y las pruebas que se propone el autor; Por tanto es recomendable confirmar de antemano la existencia de los materiales, instrumentos y reactivos que serán necesarios a lo largo del desarrollo de la experimentación.

También pueden desarrollarse diferentes estudios, tomando este como base, en los que se tengan en cuenta variables sean distintas, como los cambios en la temperatura, un rango más amplio de acidez o basicidad. Asimismo, se pueden comparar distintas cepas de diferentes especies de hongos, bien sea para relativizar la efectividad del medio o para confrontar el crecimiento fúngico. Además, esto puede enlazarse con ensayos realizados con otros microorganismos aparte de los cultivos micológicos.

De la misma manera, puesto que en el presente documento se evaluó la efectividad de la *adición* de distintos monosacáridos al medio, pueden llevarse a cabo estudios en que, como es el caso del Caldo de Cultivo de Extracto de malta, se *reemplace* el azúcar simple presente en el sustrato. Por otro lado, podría extrapolarse a una variación de otros tipos de glúcidos, proteínas o demás componentes químicos que se crean incidentes en los procesos metabólicos o de crecimiento y desarrollo. Igualmente, se puede considerar un estudio que evalúe la velocidad, grados y porcentajes de maduración del hongo a través del tiempo.

Es igualmente recomendable buscar distintos protocolos o, con asesoría, idear nuevos en cuanto a la cuantificación y/o comparación de la producción enzimática, puesto que la literatura es algo escasa al respecto. Del mismo modo, se puede replicar midiendo no la producción sino la efectividad y/o calidad de la enzima, teniendo en cuenta que la actividad de estas se ve influenciada por distintos factores, entre ellos el pH.

Desde una visión didáctica, es importante evaluar los recursos con que cuenta cada institución educativa para de esta manera poder modificar los protocolos existentes, haciendo más fácil llevar las prácticas de laboratorio al ámbito escolar, acercando de esta manera a los estudiantes a una serie de conocimientos en los que el maestro actúe como tal a la hora de enseñar y no sólo transmitir saberes.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, F., & García, M. (1997). Aprender a enseñar ciencias: una propuesta basada en la autorregulación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1(0), 1-7.
- Anónimo. (2017). Cómo disolver el ácido benzoico. Recuperado de <http://www.cusiritati.com/AZmO2nZ30/>
- Antokoletz, A. F. G., Sarmiento, M. Á., Gaetan, R. A., Guzmán, M. C., & Carrera, M. F. (2014). *Biotecnología: entre Células, Genes e Ingenio Humano*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Educación de la Nación.
- Aquiahuatl Ramos, M. (2013). Manual de Prácticas Laboratorio MICROBIOLOGÍA GENERAL. 4th ed. México D.F.: Ariel, pp 5-183.
- Arana, I., Orruño, M., & Barcina, I. (2012). Cómo Abordar y Resolver Aspectos Prácticos de Microbiología. Departamento Inmunología, Microbiología y Parasitología Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Arnal, J., Del Rincón, D., & Latorre, A. (1992). Investigación Educativa. Fundamentos y Metodologías. Barcelona: Labor. España.
- Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. (2013). Evolución y diversidad de la vida. En T. Audesirk, G. Audesirk, & B. E. Byers, *Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología*. (9 ed., pág. 970). México: Pearson Educación de México, S.A de C.V.
- Barbosa Cunha, J., Castro Pires dos Santos, F., do Val de Assis, F., & Lopes Leal, P. (2016). Cultivo de Penicillium spp. em resíduos da colheita de soja para produção de celulase, protease e amilase. *Revista Ceres*, 63 (5), 597-604.
- Bender, D. A. (2010). Carbohidratos importantes desde el punto de vista fisiológico. En R. K. Murray, D. A. Bender, K. M. Botham, P. J. Kennelly, V. W. Rodwell, & P. A. Weil. (Ed.), *HARPER Bioquímica Ilustrada* (28ª ed., pág. 687). México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V. A Subsidiary of the McGraw-Hill Companies, Inc.
- Brilla, E., Schosinsky, K., Esquivel, M., & Chavarría, M. (1977). Cuantificación de la glucosa por el método de la O-Toluidina. *Act. Méd. Costo* 20, 18 – 23.
- Brunner, J. (1984). *Acción, pensamiento y lenguaje*. 2ª ed. Alianza psicología, pp.1-187.
- Bunge, M. (2004). *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Siglo XXI Editores, S.A. de C.V. México. Recuperado de <https://books.google.com.co/>
- Calero, M. (2009). *Aprendizaje sin límites: Constructivismo*. 1st ed. México DF: ALFAOMEGA, pp.1-89.
- Cao, C.; Li, R.; Wan, Z.; Liu, W.; Wang, X.; Qiao, J.; Wang, D.; Bulmer, G., & Calderone, R. (2007). The effects of temperature, pH, and salinity on the growth and dimorphism of Penicillium marneffe. *Medical Mycology*, 45(8), 401-407. doi: 10.1080/13693780701358600
- Carey, Francis. (2006). *Química Orgánica*. Sexta edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V. A Subsidiary of The McGraw-Hill Companies, Inc. México

- Carrillo, L. (2003). *Penicillium. Los Hongos de los Alimentos y Forrajes* (pp. 61-69). Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Castro, A., & Valbuena, E. (2007). ¿Qué Biología Enseñar y Cómo Hacerlo? Hacia una Resignificación de la Biología Escolar. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, (22), 126-145.
- Chaparro, D., & Rosas, D. (2006). *Aislamiento y Evaluación de la actividad enzimática de hongos descomponedores de madera en la reserva natural la montaña del ocaso, Quimbaya-Quindío* (tesis de pregrado). Pontifica Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia.
- Cruz, N., Castellanos, D., & Argüello, H. (2009). Degradación de celulosa y xilano por microorganismos aislados de dos tipos de compost de residuos agrícolas en la Sabana de Bogotá. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(2), 237-249.
- Dobles, M., Zúñiga, M., & García, J. (1996). Investigación en Educación. Procesos, interacciones, construcciones. San José, C.R.: EUNED. Costa Rica.
- Escobar, J., Rúa, D., Silva, E., Venturini, O., & Mambeli, R. (2014). Procesos Biológicos de Conversión. En J. M. Rincón, & E. E. Silva. *Bioenergía: Fuentes, Conversión y Sustentabilidad*. Editorial Corporación EMA. Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Producción de Energía. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://books.google.es/>
- Feduchi Canosa, Elena.; Blasco Castiñeyra, Isabel.; Romero Magdalena, Carlos Santiago & Yáñez Conde, Esther. (2010). *Bioquímica. Conceptos esenciales*. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.
- Flores, J., Caballero, M., & Moreira, M. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación* 68(3), 75-112.
- Flórez, R. (2005). *Pedagogía del conocimiento*. Antioquia: MC GRAWN HILL, pp.1-265.
- Freeman, S. (2009). *Biología* (3 ed.). (E. G. Arial, Trad.) Madrid, España: Pearson Educación S.A.
- Galagovsky, L., & Adúriz Bravo, A. (2001). Modelos y Analogías en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. El Concepto de Modelo Didáctico Analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- García Martos, P., Fernández del Barrio, M., & Paredes Salido, F. (1997). Cultivo de bacterias. *Microbiología clínica aplicada*. 3ª edición. Madrid: Díaz de Santos. p. 31
- Goldman, E., & Green, L. (2015). *Practical handbook of microbiology*. 3ª edición. Taylor and Francis Group. Nueva York: CRC Press. p. 18. Recuperado de <https://www.worldcat.org/title/practical-handbook-of-microbiology/oclc/910247156/viewport>.
- Golombek, D. (2008). *Aprender y Enseñar Ciencias: Del laboratorio al Aula y Viceversa*. Fundación Santillana. IV Foro Latinoamericano de Educación. Aprender y Enseñar Ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades. Buenos Aires, Argentina.
- Gómez Tique, D., & Cubillos Sandoval, Y. (2014). *Biodegradación de Residuos Orgánicos Mediante la Aplicación de Microhongos del Cepario del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Pedagógica Nacional* (tesis de pregrado).

Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Biología. Bogotá, Colombia.

- Granés, J., & Caicedo, L. (1997). Del Contexto de la Producción de Conocimientos al Contexto de la Enseñanza. *Revista Colombiana de Educación*, (34).
- Horton, H. Robert.; Moran, Laurence.; Scrimgeour, K. Gray.; Perry, Marc & Rawn, J. David. (2008). *Principios de bioquímica*. Cuarta edición. Pearson educación. México.
- Laguna, José.; Piña, Enrique.; Martínez Montes, Federico.; Pardo Vásquez, Juan Pablo & Riveros Rosas, Héctor. (2009). *Bioquímica de Laguna*. Editorial Manual Moderno.
- Ledesma, M. (2014). *Análisis de la Teoría de Vygotsky para la Reconstrucción de la Inteligencia Social*. Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- López Flores, A., Luna Urban, C., Buenrostro Figueroa, J., Hernández Martínez, R., Huerta Ochoa, S., Escalona Buendía, H., Aguilar González, C., & Prado Barragán, L. (2016). Efecto del pH, Temperatura y Fuente de Proteína y Carbohidratos en la Producción de Proteasas por *Yarrowia lipolytica* en Cultivo Sólido. Publicado por la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(1), 57-67.
- Luque, J. (1989). Efectos de la temperatura, medio de cultivo y pH en el crecimiento colonial de *Diplodia mutila* Fr. apud Mont. *Anales Jará. Bot. Madrid* 46(1): 21S-221.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Dunlap, P. V., & Clark, D. P. (2009). Biología celular y microorganismos eucariotas. En M. T. Madigan, J. M. Martinko, P. V. Dunlap, & D. P. Clark, *Brock. Biología de Microorganismos* (12 ed., pág. 1296). España: PEARSON EDUCACION S.A.
- Martín, C., Campo, J., García, A., & Wehrle, A. (1992). *Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Ediciones RIALP, S.A. Madrid, España. Recuperado de <https://books.google.com.co/>
- Martínez Boom, A. (2012). *Verdades y Mentiras sobre la Escuela*. 1st ed. Bogotá: Editorial Jotamar Ltda., pp.1-78.
- Mathews, Cristopher K.; Van Holde, K.E. & Ahern, Kevin. (2002). *Bioquímica. Tercera edición*. Pearson educación, S.A. Madrid, España.
- McKee, Trudy & McKee, James. (2003). *Bioquímica: la base molecular de la vida. Tercera edición*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V. A Subsidiary of the McGraw-Hill Companies, Inc. México.
- McMurry, John. (2008). *Química Orgánica. 7ª edición*. Thomson/Brooks/Cole (Versión en inglés). Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc. México D.F.
- Muñoz de Malajovich, M. A. (2012). *Biotecnología* (2ª ed.). Quilmes, Argentina: Universidad Nacional de Quilmes Editorial. Bernal.
- Nelson, D., & Cox, M. (2005). *Lehninger. Principios de Bioquímica. Cuarta edición*. Editorial OMEGA.
- Neymeyer, G. (1996). *Evaluación constructivista. 2ª ed.* Cincinnati: PAIDOS IBERICA, pp.78-210.

- Nieves, E., & Ortiz, G. (2015). *La Investigación Escolar como Actividad Promotora de Capacidades Investigativas. Ejemplo de Aplicación: Extracción de una Sustancia Anti-Fúngica de la Cáscara de Plátano* (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Química. Bogotá, Colombia.
- Occelli, M. (2013). Enseñar Biotecnología en la Escuela: Aportes y Reflexiones Didácticas. *Revista Boletín Biológica*, (27), 9-13.
- Ovando Chacón, S., & Waliszewski, K. (2005). Preparativos de celulasas comerciales y aplicaciones en procesos extractivos. *Universidad y Ciencia*, 21 (42), 113-122.
- Páez Carvajal, R. (2014). *Producción de Celulasas a partir de Microhongos del Cepario del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Pedagógica Nacional* (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Biología. Bogotá, Colombia.
- Peña Maravilla, M., Calixto Romo, M., Guillén Navarro, K., Sánchez, J., & Amaya Delgado, L. (2017). Cellulases and Xylanases Production by Penicillium citrinum CGETCR Using Coffee Pulp in Solid State Fermentation. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(3), 757-769.
- Pérez Tornero, J., & Pi, M. (2014). *Tecnología y Pedagogía en las Aulas*. 1ª ed. Valencia: Perspectivas, pp.4-121.
- Prescott, L. M., Harley, J. P., & Klein, D. A. (2002). *La diversidad del mundo microbiano*. En L. M. Prescott, J. P. Harley, & D. A. Klein, *Microbiología* (5 ed., pág. 1240). España: McGRAW-HILL-INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
- Roa, R. (2011). Didáctica de la Biotecnología en la Escuela. *Bio-grafía Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. Edición Extra-Ordinaria. Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. ISSN 2027~1034. pp. 333-341.
- Roa, R., & Valbuena, E. (2013). Incursión de la Biotecnología en la Educación: Tendencias e Implicaciones. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(2), 156-166.
- Roa, R., García, Y., & Chavarro, C. (2008). Formación de Profesores de Biología a través de la Biotecnología. *Educación y Educadores*, 11(2), 69-88.
- Rodríguez Guerra, A., Soria, C., Barnes, C., Ordoñez, M., & Salazar, A. (2012). Identificación y Evaluación de algunos hongos con actividad celulásica aislados en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*. Octubre 2012. doi: 10.26807/remcb.v33i1-2.224
- Solomon, Eldra.; Berg, Linda & Martin, Diana. (2013). *Biología. Novena edición*. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una compañía de Cengage Learning, Inc. México
- Soussan, G. (2003). *Enseñar las ciencias experimentales. Didáctica y Formación*. Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

- Starr, Cecie.; Taggart, Ralph.; Evers, Christine & Starr, Lisa. (2009). *Biología. La unidad y la diversidad de la vida. 12a. edición*. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una compañía de Cengage Learning, Inc. México
- Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2010). *Introducción a la Biotecnología* (2ª ed.). Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Torres, H. (S.F.). *Biotecnología*. Buenos Aires, Argentina: Dirección General de Investigación y Desarrollo. Recuperado de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/torres.pdf>.
- Valbuena, E. (2017). Contribución al Desarrollo de la Biotecnología Desde la Educación en los Niveles de la Básica y Media. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 0(4). doi: <http://dx.doi.org/10.17227/ted.num4-5695>. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, (4). 1998. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Vázquez, I. (2011). Aplicación de teorías constructivistas al uso de actividades cooperativas en la clase de E/LE. *RedELE revista electrónica de didáctica / español lengua extranjera*, (21). Recuperado de <https://www.mecd.gob.es/dam/jcr:8439dfd7-22bb-4d9c-a7bb-1c48d57ed949/2011-redele-21-08vazquez-pdf.pdf>
- Vieira Silva Bomtempo, F., Mantovani Santin, F., Sanzio Pimenta, R., de Oliveira, D., & Guarda, E. (2017). Production of cellulases by *Penicillium oxalicum* through solid state fermentation using agroindustrial substrates. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 39 (3), 321-329.
- Yurkanis Bruice, Paula. (2007). *Fundamentos de Química Orgánica*. Pearson Educación. México.
- Yurkanis Bruice, Paula. (2008). *Química Orgánica. Quinta Edición*. Pearson Educación. México.
- Zuluaga, O. (1999). *Pedagogía e Historia. 19ª ed.* Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia, pp.2-47.

UNIDAD DE ACTIVIDADES EN EL AULA

GUÍA DE CLASE

Introducción

Este apartado tiene como objetivo hacer una reconstrucción conceptual y procedimental acerca de los monosacáridos; por lo cual se configuró a partir de tres subíndices:

1. Conceptos previos a la clase que tienen los futuros licenciados acerca de azúcares simples.
2. Estructura y composición de los monosacáridos
3. Metabolismo básico de los monosacáridos.

1. CONCEPTOS PREVIOS A LA CLASE

1.1 A continuación, elijan cuál de estos alimentos consideran que posee mayor cantidad de azúcar y argumenten por qué.

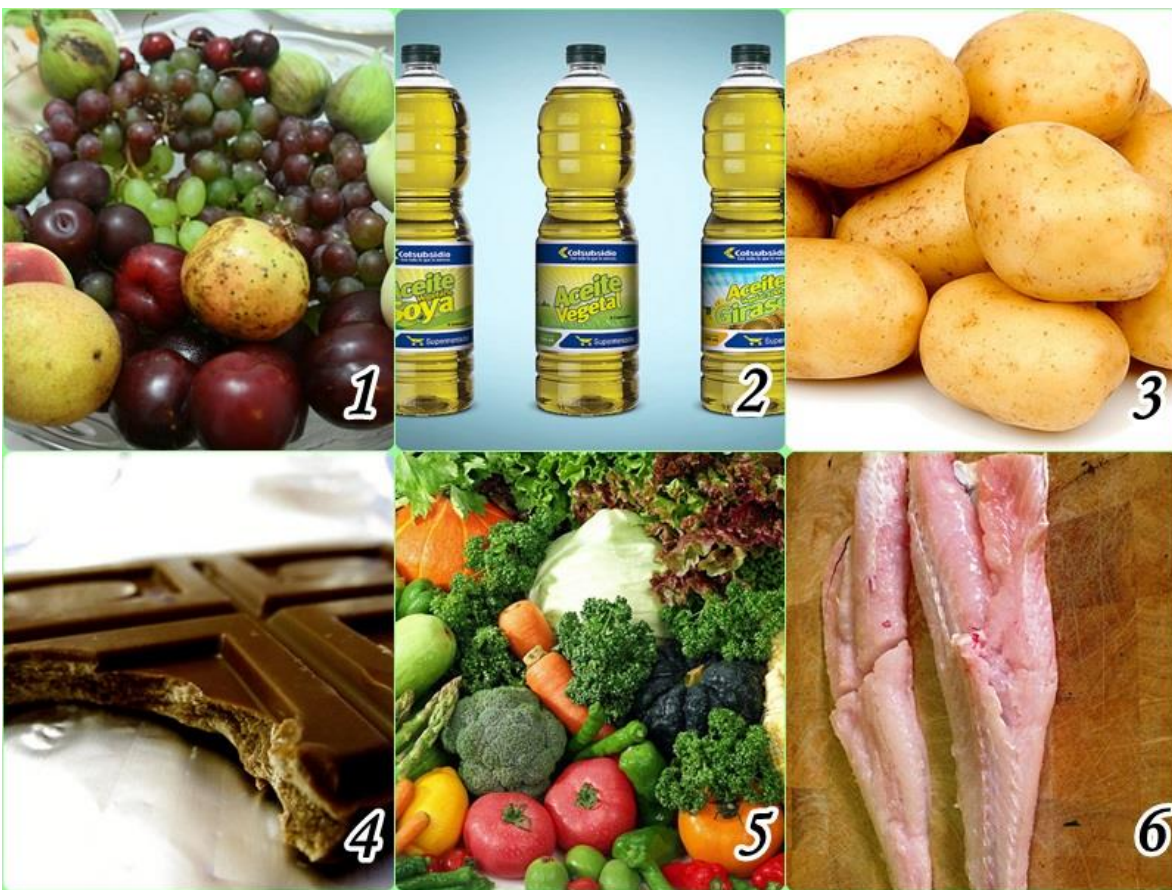


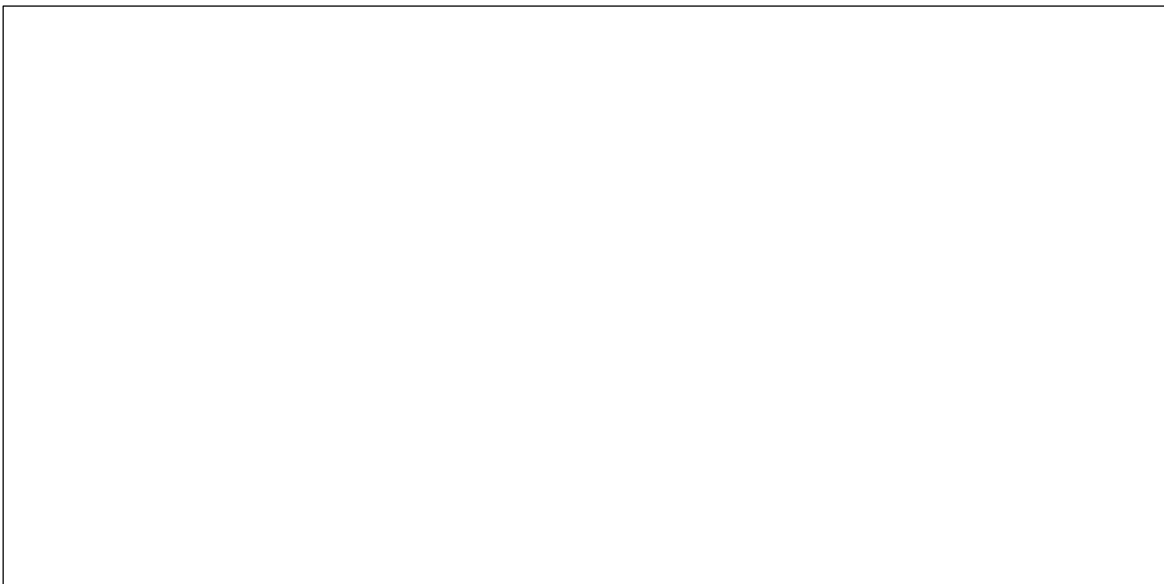
Figura 1.1. Alimentos. 1. Fruta (Evandro Souza, 2009). 2. Aceite (Carlos Bonilla, 2011). 3. Papa (Joel Álvarez, 2018). 4. Chocolate (Sammie Vanderstappen, 2013). 5. Verdura (Lilyan Farre, 2013). 6. Pescado (Ibex Technologies, 2011).

ANEXO A

¿SABÍAS QUE...?

En realidad, NO todos los glúcidos son dulces. De hecho más del 75% del azúcar que consumes no posee esta característica.

1.2 ¿Cuáles consideran que son los efectos del consumo excesivo de golosinas y otros azúcares simples? Realicen un gráfico donde ejemplifiquen estos efectos.



2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LOS MONOSACÁRIDOS

LOS MONOSACÁRIDOS SON MUY SIMPLES EN ESTRUCTURA, POSEEN UNA CADENA DE CARBONOS, Y UN GRUPO ALDEHÍDO O CETONA.

¿SABÍAS QUE...?

La mayoría de los alimentos que consumimos poseen en su mayoría sólo cinco elementos químicos

C, H, O, N y Na.

EL SIGUIENTE DIAGRAMA MUESTRA CÓMO SE SUBDIVIDEN LOS GLÚCIDOS, Y ESTOS A SU VEZ EN TRES TIPOS DE AZÚCARES SEGÚN EL NÚMERO DE MOLÉCULAS PRESENTES. UN MONOSACÁRIDO, POR EJEMPLO, ES UNA SOLA UNIDAD DEL GLÚCIDO, UN OLIGOSACÁRIDO PRESENTA DOS, TRES, CUATRO O CINCO UNIDADES Y UN POLISACÁRIDO MILES DE MONOSACÁRIDOS JUNTOS.

LOS MONOSACÁRIDOS A SU VEZ SE DIVIDEN EN ALDOSAS Y CETOSAS, ESTA DIVISIÓN SE ORIGINA A PARTIR DE SU ESTRUCTURA.

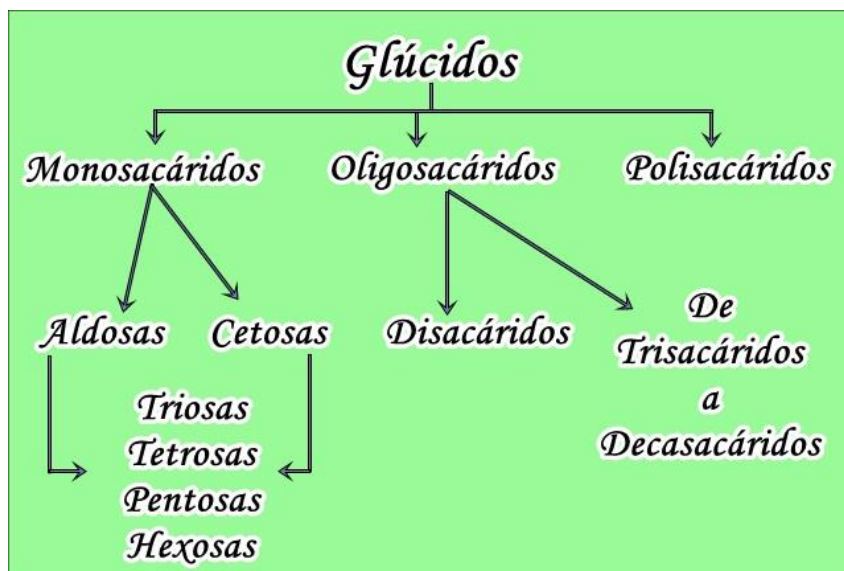


Figura 2.1. Glúcidos.

ANEXO A

COMO NOS MUESTRA LA IMAGEN ANTERIOR, SI EL MONOSACÁRIDO TIENEN UN GRUPO CARBONILO EN SU EXTREMO, ES UNA ALDOSA, SI LO LLEGASE A POSEER EN ALGUNA OTRA PARTE DE LA CADENA SERÍA UNA CETOSA.

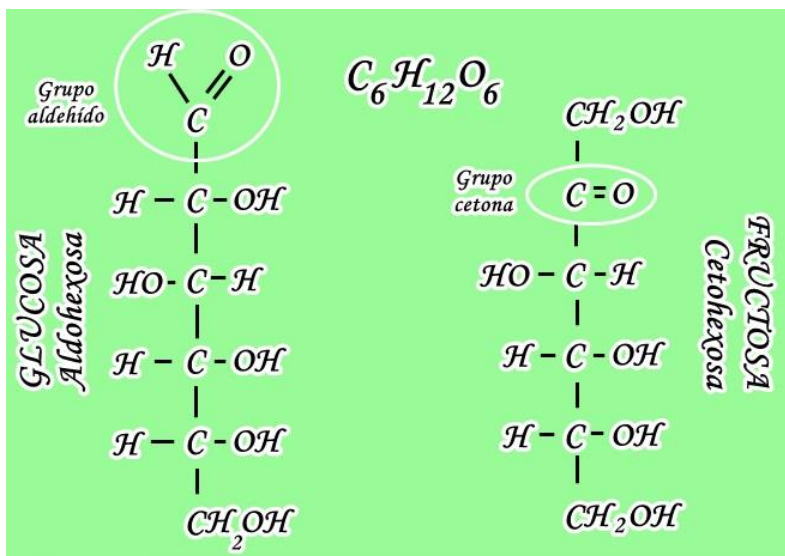


Figura 2.2. Glucosa y Fructosa.

2.1 En grupos de laboratorio, de máximo 6 personas, deberán armar su propio monosacárido, darle un nombre acorde a su estructura y reconocer en él las partes más características, exponiéndolo frente a sus compañeros. Esto se realizará a partir de los materiales (bolas de icopor y palillos), entregados por los maestros.

DÓNDE ENCONTRAMOS MONOSACÁRIDOS

LA MAYORÍA DE LOS GLÚCIDOS LOS PODEMOS ENCONTRAR EN LAS HARINAS DE NUESTRA DIETA, TALES COMO LA PAPA, EL ARROZ Y EL PLÁTANO; NO OBSTANTE, LAS FRUTAS SON RICAS EN GLÚCIDOS AL IGUAL QUE LAS GOLOSINAS.

2.2 A continuación argumenten, ¿por qué es más sano consumir azúcares de las frutas que de golosinas, teniendo en cuenta que poseen los mismos tipos de monosacáridos?

CÓMO NOMBRAR UN MONOSACÁRIDO

Tal y como se señaló anteriormente, la manera más sencilla de nombrar un monosacárido es a partir del número de carbonos y el sufijo -osa. Por ejemplo, un monosacárido de tres carbonos es una triosa, de cuatro una tetrosa, de cinco una pentosa, etc.

No obstante, los científicos deben diferenciar los azúcares que poseen la misma cantidad de carbonos, para esto utilizan nombres aleatorios, pero continúan manteniendo el sufijo -osa.

3. METABOLISMO DE MONOSACÁRIDOS

EL METABOLISMO DE LOS MONOSACÁRIDOS SE BASA PRINCIPALMENTE EN DOS DISTINTOS PROCESOS: EL PRIMERO Y MÁS CONOCIDO ES LA GLUCÓLISIS, PROCESO POR MEDIO DEL CUAL SE OBTIENE ENERGÍA A PARTIR DE LA RUPTURA DE LA GLUCOSA; Y EL SEGUNDO ES LA GLUCOGENOGÉNESIS, DINÁMICA QUE FAVORECE LA ACUMULACIÓN DE GLUCOSA EN EL HÍGADO Y EN EL MÚSCULO.

¿SABÍAS QUE...?

La mayor fuente de energía para todos los organismos eucariotas (poseedores de membranas internas en sus células) es la glucosa.

Esta se puede encontrar principalmente en las harinas de tu dieta y las frutas más dulces.

3.1 A continuación hay una serie de organismos eucariotas. Describan por medio de una socialización cómo creen que obtienen sus glúcidos y qué funciones cumplen en su desarrollo.



Figura 3.1. Organismos Eucariotas.

- 1.** *Penicillium sp.* (Diego F. Nieto, 2018)
- 2.** *Amanita muscaria* (Tab Tannery, 2009).
- 3.** Mosca (Alexey Kljatov, 2014).
- 4.** Chimpancé (José Sánchez, 2009).
- 5.** *Harpia harpyja* (Sebastián Giraldo, 2018).
- 6.** *Ruta sp.* (Diego F. Nieto, 2017).

PREGUNTANDO

¿Para qué procesos crees que tu organismo necesita energía?

En el caso de los microorganismos, como los hongos, ¿qué procesos podrías relacionar con la producción de energía?

GLUCÓLISIS

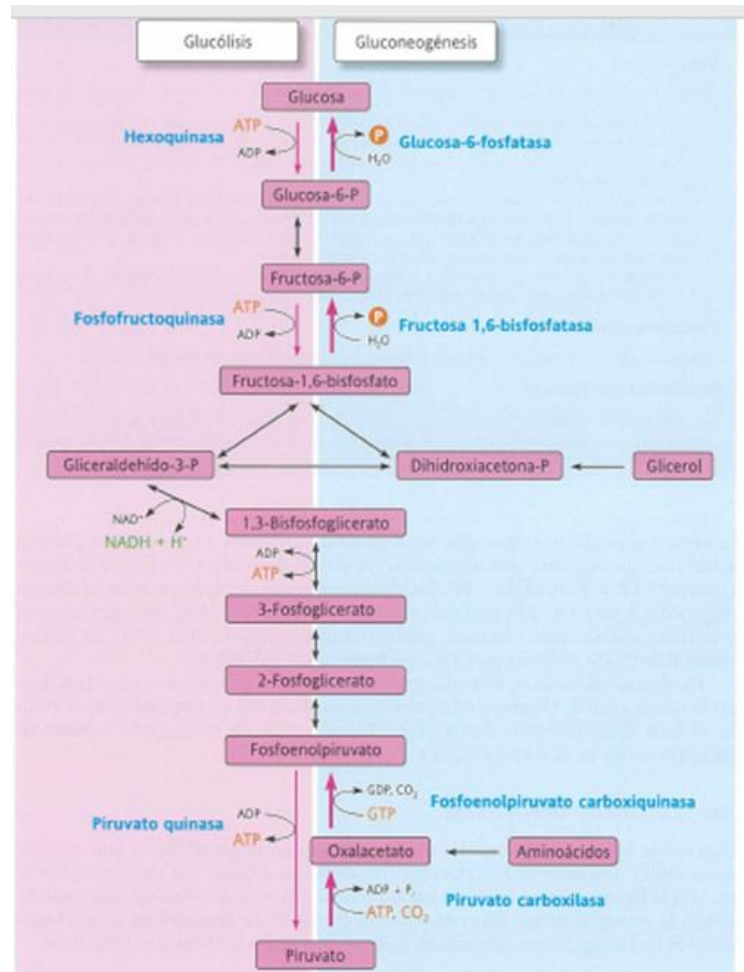


Figura 3.2. Glucólisis y Gluconeogénesis.

[Tomada de Feduchi et al., 2010, p.224]

EN ESTA IMAGEN SE PUEDE OBSERVAR, A GRANDES RASGOS, CÓMO UNA MOLÉCULA DE GLUCOSA SE DIVIDE EN MOLÉCULAS DE TRES CARBONOS. EN EL PROCESO ESTA GLUCOSA TERMINA OXIDADA EN FORMA DE PIRUVATO DANDO COMO RESULTADO UNA ALTA CANTIDAD DE ENERGÍA.

GLUCOGÉNESIS

Figura 3.3. Glucogénesis.

3.2 Respondan la siguiente pregunta: ¿Creen que los microorganismos como los hongos se ven afectados por el tipo de monosacárido en que crece? ¿Por qué?:

MANEJO DE VARIABLES

A continuación, se presentan 3 problemas acerca de la construcción de un estudio experimental, cada situación será más compleja que la anterior. Con su grupo discuta y resuelva cada una de ellas.

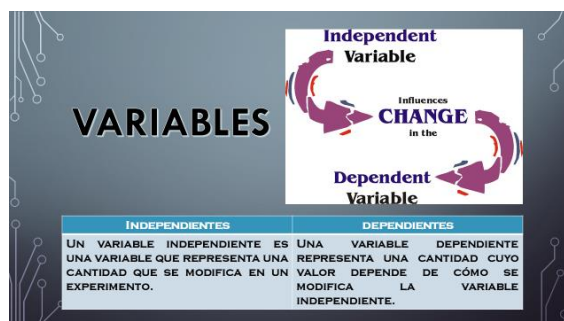
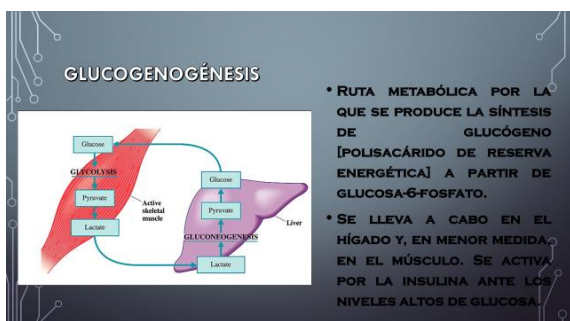
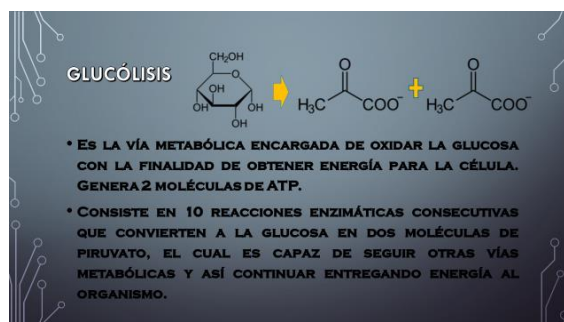
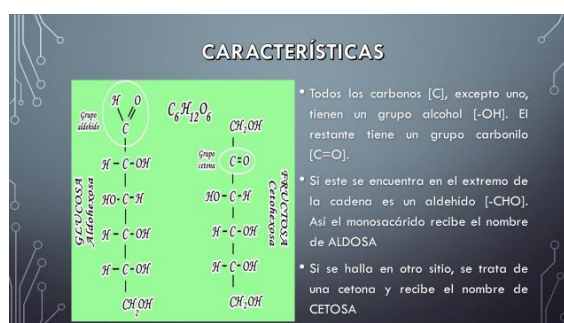
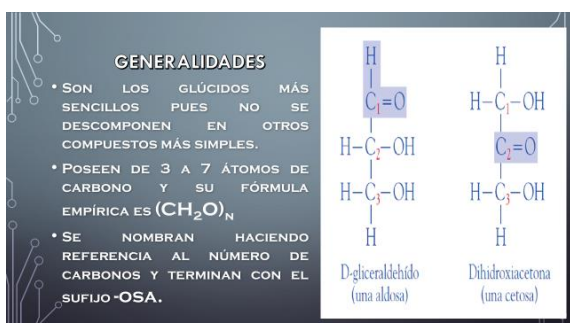
- A.** Dos Licenciados en Biología requieren hacer un estudio acerca de la incidencia del Fósforo (P) en el crecimiento y desarrollo de la planta del maíz; para esto variarán la concentración del mineral en tres cultivos distintos, el primero con una concentración de un gramo por mol, el segundo de medio g/mol y el tercero de 0.25 g/mol, teniendo en cuenta que la concentración estándar de crecimiento es 0.99 g/mol, dibuje los tres tipos de gráficos y tablas de crecimiento esperados según su criterio. Tengan en cuenta que se hicieron las mediciones cada 5 días por un lapso de un mes y que el crecimiento se midió en centímetros. (La planta de maíz promedio mide 175 cm).
- B.** Una hacienda lechera necesita aumentar la producción de lácteos y carne, pero no tiene los recursos para conseguir más cabezas de ganado. Por lo tanto, un ingeniero agrícola les recomienda suministrar tres complejos alimenticios diferentes, sin dar más de uno al mismo animal. Al cabo de tres meses se quiere evaluar el incremento de leche generada y el peso conseguido por 450 reses. Teniendo en cuenta que la cantidad de suplemento fue igual para todos los bóvidos, establezcan los gráficos que muestren los resultados de este estudio. Si se desea saber en qué momento se generó el mayor incremento de producción, ¿qué tipo de gráfica sería necesaria? ¿Cada cuánto sería prudente tomar los datos para evidenciar esto?
- C.** Una compañía biotecnológica desea aumentar la producción de cuerpo fructífero y enzimas fúngicas mediante la modificación de los sustratos en los medios de cultivo junto con la variación de un factor como la temperatura. Las cajas de Petri (50 ml) fueron enriquecidas con 5 diferentes nutrientes, en concentraciones de 5%, 10% y 20% de la capacidad de cada una. La temperatura se varió en los rangos de 20°C, 30°C y 40°C. Puesto que antes de llevar a escala industrial una alteración en el cultivo tradicional se requiere realizar el estudio en menor medida, establezcan:
 1. ¿Cuáles son las variables dependientes e independientes del estudio?
 2. Si cada combinación posible debe hacerse por triplicado, ¿cuántas cajas de Petri serían necesarias?
 3. Si el ciclo de vida del hongo en cuestión es de 3 semanas, ¿cada cuánto se debería hacer la toma de datos?
 4. Realicen las tablas y curvas de crecimiento necesarias para dar respuesta a este estudio.
 5. Como futuros licenciados, ¿cómo enseñarían las variables y la experimentación de este estudio en una institución educativa? ¿Podría replicarse en la escuela?

ANEXO A

REFERENCIAS FOTOGRAFÍAS

- **Alexey Kljatov. (2014). Pretty fly.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/chaoticmind75/14384126166/in/photolist-9oPbSt-kG288X-d1AMBo-kBpj2-nV5pzh-EDnRPT-9xGw1p-aTm1LZ-Sm1xFr-Sm1z5t-9xsVo9-FB19Gi-NNKntq-d32KWE-9iqrxp-8K4jFD-rf7LaE-xSGfVb-eUH3qV-eh1hFf-Qo5v5V-drCNPd-dsq4i7-FQ2k4o-7cbuL5-Kvc5ec-dUjXLW-21BF7AQ-uZMoDA-JGZK6x-nRGvbk-nXdsVg-nsZcHw-RVQ9fV-7ummxz-bfMPZa-7bST5q-d2H2uw-drhjx5-ew2tM8-H1sLNY-euazCH-7UssAW-7tsYzK-akejFs-pDAQeE-xeoZwx-drvzaw-abx8FD-DxNSD6>
- **Carlos A. Bonilla. (2011). Aceites de cocina.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/patalogico/5581362172/in/photolist-aNihyR-c1KWFu-4x2UMv-9eVm2j-9Zdoz1-7byvKH-UXgxZF-jAtZnc-YaX4zp-Xew9b3-9vcWwh-ehirTv-6DYFHB-VVURwb-oTV1tz-qQbKi-bGy1Ta-gUjvHp-VkvzGu-cmbC9h-nwsMR6-SZ9MxS-aRMuBe-zSoqg1-7BJfvv>
- **Diego Francisco Nieto Duarte. (Bogotá, 2018). Penicillium. Departamento de Biología, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.**
- **Diego Francisco Nieto Duarte. (Soacha, 2017). Plantas locales. Soacha, Cundinamarca.**
- **Evandro O. Souza. (2009). Frutas.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/spsoul/8011694664/in/photolist-dcY2GC-5uDBUZ-aW4WPz-drGTaF-acq4wt-mxP1Ns-def9Lg-7YXnJf-9C7yDb-cAVLPY-dYbzFw-3pyrBH-3pyrip-dTzT2M-g4ahTu-81hWZp-88EZCj-gc9TH3-7zt1ua-auPktn-9zJxPM-boCsR7-bBxndx-dCMtWe-dRasGc-fzKQCn-bBxmsP-qRvDRC-boCvd3-8fP8et-6ekZ95-249KAdb-8MG4up-pqT5EV-dHir9N-okCZeb-5viSJB-nsn5BE-bDgxPw-8dKmpS-21yPLtR-2hMGvt-55XPff-8dKq5f-6GMSSe-9ePY3W-edZphS-21idhBi-5pcVer-ScgBya>
- **Ibex Technologies. (2011). Comida típica.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/ibexmeta/6176184350/in/photolist-apLyr5-apLyJd-7oudQN-bwY8U2-bs2ZoS-bEWHHz-4wNbJw-a5RvS7-bs34WY-9daode-bs2Y6s-9dao9K-dJ5t4-8SxNsf-5HjFAk-bEX7DH-apHSc4-bEWfpr-bJfBWV-7UQBVe-bs3acW-bEX6GH-bEWKYt-bEWxZ8-4rAcAn-9RwXb-bs2JS9-mA8BZw-bEWUgi-7VjQcG-6w8iAX-bs2Mxs-bs2teG-bEWw3M-8n9M9-ojxWvz-bEWCVF-bs2ssu-bEWs9c-bs2vUf-7KnuiP-bs2FMY-7orguo-84Li1W-641Yrq-bs2Hdo-bs2wxU-9kfwRx-bEWNdK-bs2LJL>
- **Joel Álvarez. (2018). Patata.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/153163664@N03/40746013762/in/photolist-a4wkqa-RFymHX-qArZvK-79mMz5-H5h7To-aAwruv-255zYjE-qkTVv3-4bVUfk-5qrgiu-5VvrPp-4CnUrN-3jpBEy-iDp57N-nDKSH8-cPf57d-8WWohS-53qYBD-aQfbSP-5dqVpq-8ZzN3K-6tvTUZ-awmYQs-bxMKpJ-2oY7xb-aQfahP-a34jou-5KMQSc-fZqUf-75dQQY-aqJUr3-dnevzq-awn5aC-aQfiWe-kQmUWA-rwDj4w-awn51f-ahyTjS-pb3j3c-SBSFp-aLNqvk-7KS9zM-8em3r4-aQfHEB-aYPhpv-4Kyayr-48svH9-awkr1d-bz8bES-bQ5KGt>
- **José Sánchez. (2009). Animales.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/41961308@N08/4065181529/in/photolist-88SH6h-9sFCdf-dpXbQV-67aaqR-cXbJk-7ieKmZ-4Ge1US-98tsm4-5cdG78-bCNw2s-e2W3Bz-73rr6e-7ce7QH-5F2bXb-8253wF-828aaQ-671U1E-828ge3-ak8tmd-8288Jj-8283H9-67Ztkh-5nZjNc-6ATqtQ-8285XG-Y4tPqM-bRHfce-824ViB-5nziMD-aPEBoe-824ZJH-8253ZM-828iEG-DnabxY-99QVhU-81wXNk-824YJH-6e4MZh-MfpWSq-9WS6k8-dv1sgk-4ToYUL-foGEXq-PK9C9-5FFQCZ-btRvKd-6e7RaN-bFhc7F-nGmzxF-5tjhM2/>
- **Lilyan Farre. (2013). Nutrición.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/103786639@N08/10011780006/in/photolist-97wM3c-o4sgru-7An5BW-pQJw2p-hdUPhf-EYF3wq-nAnZDh-9LzhtT-nKvLdL-gfGZoE-4YThrx-dAvxdS-dZRDzp-cPQUtU-aC3rsV-6B9ieE-f6aZ9Z-8jWoNB-dvUrfx-hdRTCG-dSjcb3-ctzgn5-bwzeZB-9C87Wc-eQ1YiG-dchbDy-amZk4p-zU3Fer-dvNSyg-dRjL7Z-QoNkaw-dZfTRo-NFEKiM-4cb2Q1-f28Zgx-5ffRfd-m75NFM-74NWFm-EdVGH5-dhy3xk-6PQPnd-8RMHyS-6JvytW-AtLipi-95uTtM-8WJ3r1-6Jrvz-6JvJuS-6JvCr3-7o8Pjq>
- **Sammie Vanderstappen. (2013). Chocolate!.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/93860909@N02/8550591223/in/photolist-6kaUhj-brF6Wk-8XQ553-7zSck4-r3kVjM-akVwih-a9nCFE-9kSnBK-5noQ9y-8Eadrij-8Z5W4K-9SVx4C-4G1f7n-anV56D-Cnp8rn-9uMVR9-7gWPZe-dzyVet-9z3an4-aizUo7-98Rnxh-evFP7-7Ek9FP-e2A1SB-6uMpDf-6j4L9b-bfFvmk-7Q3T76-bvTUqF-byz8wQ-98jEcq-SZAqhw-dNGiJw-bsP3R8-7uiNqC-2R5Ui-ajh2Lu-8QxJCr-8r9aMh-9BULkq-dziSjj-7qi93s-daFXMX-91TDet-cuG2ZQ-bgwA7t-6M2pcz-awvRVn-cnpDS3-dtHQrq>
- **Sebastián Giraldo. (2018). Harpia harpyja. Harpy Eagle.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/segida/40658775992/in/photolist-24WSRzb-aXhCgR-5GHZfd-eD524s-ezYFPd-qdDfHr-bN5zZi-aCnQLf-4n5fue-6HUxUw-bt4WvR-cDMhdU-7VLaP3-8Nha26-65L3Bj-5GHVPO-dV1qiL-6R6fH4-4TJ8kQ-8T8Efm-4o6asm-did7PS-em6X6a-f48pTT-RSPoYe-CJWpTc-by4Hqj-bLYof6-owCj8p-Qoa8bU-oP6aN1-6cr4gr-qdDmUz-8kDofK-q8oCi2-mk85wk-5ZJJEV-dJXM95-musf9g-9VHa6H-VpozX8-V7KMPa-6mEXff-8E2GxN-6SHSVV6-SocLnW-8RTyij-VzAxx9-fgHiyC-qp6PHf>
- **Tab Tannery. (2009). Fungi.** Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/tabtannery/5272170492/in/photolist-aCNyna-92TfBf-qDs48W-pfWVhn-8Q7RJ9-aQq35z-q1GHSU-AUzRqu-aHWP2R-XPp6Hf-dqKISA-77qYdB-DAeAeo-pgH1Ag-77zfSC-8H5g3N-CwwC9J-TcWayS-pXNWS-avxep7-oC2oWe-pYWBD3-pFSBbb-gL5Um3-8MsTHG-e3Gf7E-8ENRu2-flREYK-asChkT-qAh7Zm-8LnrUK-auYJJs-8CX9XA-p746dr-XU9teW-rsJk-q1FP2v-5cQJcN-71mQRA-dpqCft-px5i39-C5Yjfw-8QNxKQ-pH3XQ8-pLPQ87-8NqgeC-71hRcp-pXAOcd-aBfx5S-aDgdUw>

DIAPOSITIVAS DE LA CLASE



UNIDAD DE PRÁCTICA DE LABORATORIO

CRECIMIENTO FÚNGICO Y RECONOCIMIENTO DE GLÚCIDOS

Objetivos

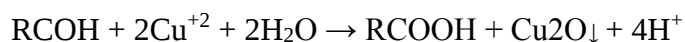
- Reconocer las distintas formas propuestas para llevar a cabo la medición y registro del crecimiento fúngico.
- Identificar las ventajas y desventajas de cada método utilizado.
- Diferenciar las propiedades de algunos azúcares mediante tres reacciones distintas.

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 RECONOCIMIENTO DE GLÚCIDOS

Prueba de Barfoed

Este es un ensayo químico usado para la detección de monosacáridos basado en la reducción del Cobre (Cu) en forma de acetato a su forma de óxido, lo cual forma un precipitado de tonalidad roja.



El grupo aldehído del azúcar simple que se halla en forma hemiacetal se oxida a su correspondiente ácido carboxílico. Los disacáridos pueden reaccionar también, pero la reacción tomará un lapso más extenso.

El reactivo está compuesto por una solución 0,33 molar de acetato de cobre neutro en una solución de 1% de ácido acético.

Prueba de Seliwanoff

Es una prueba química utilizada para diferencias aldosas y cetosas, basada en el hecho de que, una vez calentadas, las primeras se deshidratan más rápido que las segundas.

El reactivo consiste en resorcinol y ácido clorhídrico concentrado. La cetosa deshidratada reacciona con el resorcinol produciendo una coloración rojiza. Asimismo, las aldosas podrían reaccionar dando como resultado una coloración rosácea.

Prueba de Bial

Es un ensayo químico para la diferenciación de pentosas y hexosas. Si la primera está presente, se deshidratará a forma furfural, la que reaccionará con el orcinol para dar una

ANEXO C

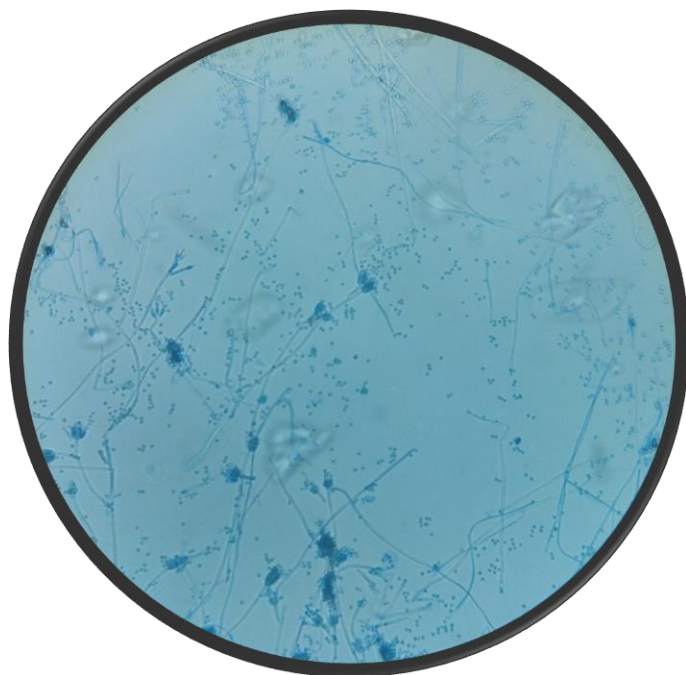
sustancia coloreada. La solución se tornará azul verdoso puede formar un precipitado. Si existe una hexosa, puede dar una coloración que va desde el café hasta el gris

El reactivo consiste en 0,4 g de orcinol, 200 ml de ácido clorhídrico concentrado y 0,5 ml de una solución de 10% de tricloruro de hierro.

1.2 CRECIMIENTO FÚNGICO

Penicillium sp

Los hongos del género *Penicillium* son mohos comunes que crecen sobre muy variados sustratos como alimentos preparados o sus componentes de origen vegetal o animal, si hallan el agua y los nutrientes requeridos. Este género se caracteriza por la formación de conidios en estructuras con ramas similares a pinceles que acaban en células conidiógenas denominadas fiálides.



En cuanto a los medios de cultivo, para estudios taxonómicos las cepas se siembran y se observan en condiciones de laboratorio normalizadas con sustratos en los que existe una ligera variabilidad dependiendo de la fuente de agar, extracto de levadura o agua, del mismo modo que del volumen del medio vaciado en las placas.

Figura 1.1 Vista de *Penicillium sp* a 40X. Son observables los conidios.

(Fotografía de D.F. Nieto, 2018).

Conteo de UFC

El conteo por medio de unidades formadoras de colonias (UFC), se basa en el conteo de bacterias u hongos en la caja de Petri, este conteo se realiza usualmente con instrumentos anexos, tales como, el contador de colonias, el cual permite contar de manera precisa el número de UFC.

Conteo por Área de Dispersión

Esta técnica de conteo de microorganismos es poco utilizada en el conteo de bacterias, no obstante, en el conteo de micromicetes es bastante útil, ya que, permite evaluar de manera precisa la dispersión de los hongos en el medio de cultivo, su realización es bastante simple se basa en colocar papel de medición o milimetrado a contraluz en la caja de Petri y medir en milímetros cuadrados el área donde el hongo se ha desarrollado

Dato por Biomasa

Este método requiere de la separación del hongo y el sustrato para ser llevado a una báscula de precisión donde se determinará el peso exacto. Cabe anotar que cuanto más seco quede el microhongo, más exacta será la medición y el registro de la masa obtenida.

2. PROCEDIMIENTO

2.1 RECONOCIMIENTO DE MONOSACÁRIDOS

Reacción de Barfoed

- Coloque en un tubo de ensayo 2.0 ml de la solución del carbohidrato y agregue 2 ml del reactivo de Barfoed.
- Caliente en baño maría a ebullición.
- La formación de un precipitado rojo entre 5 y 7 minutos es prueba positiva para *Monosacáridos Reductores*.
- Si el precipitado se forma entre 10 y 12 minutos, la prueba es positiva para *Disacáridos Reductores*.

Reacción de Seliwanoff

- Coloque en un tubo de ensayo 2.0 ml de la solución del carbohidrato y agregue 2 ml del reactivo de Seliwanoff.
- Caliente en baño maría a ebullición por dos minutos.
- La formación de una coloración roja es prueba positiva para cetosas.
- Si se presenta una coloración rosa podría significar la presencia de una aldosa.

Reacción de Bial

- Coloque en un tubo de ensayo 2.0 ml de la solución del carbohidrato y agregue 3 ml del reactivo de Bial.
- Caliente en baño maría a ebullición y observe.
- La formación de una coloración verdosa es prueba positiva para pentosas.
- Si se presenta una coloración marrón o grisácea puede representar la presencia de una hexosa.

ANEXO C

2.2 CRECIMIENTO FÚNGICO

Previamente algunos integrantes del componente prepararon una serie de medios de cultivo en los cuales se llevará a cabo la siembra del *Penicillium sp.* Del mismo modo, se les proporcionarán 9 cajas de Petri previamente sembradas, cuyo sustrato ha sido enriquecido adicionando Glucosa, Xilosa y Fructosa con 3 pH distintos, para que puedan ejecutar los conteos socializando los datos recolectados y registrarlos para la realización del correspondiente Informe de Laboratorio.

Siembra del *Penicillium sp*

- En cada mesa de trabajo enciendan un mechero durante unos minutos y no lo apaguen.
- Tomen un asa y esterilícenla en el fuego.
- Destapen la caja de Petri con el sustrato y enfríen el asa en el medio de cultivo.
- De las cajas suministradas por el Maestro Encargado, tomen una muestra del hongo y deposítela en el centro del nuevo cultivo.
- Repitan esto hasta que cada estudiante de la mesa haya sembrado el hongo.
- Cierren y tapen la caja de Petri.

Conteo por UFC

- Enciendan el Contador de Colonias y ubiquen una a una las cajas de Petri.
- Alejen la lupa del Contador cuanto consideren necesario para facilitar el conteo.
- Tengan en cuenta las colonias más maduras según las indicaciones del Maestro Encargado.
- Registren el dato total en cada uno de los 9 medios.

Conteo por Área de Dispersión

- Coloquen una hoja de papel milimetrado bajo la caja de Petri.
- Dibujen el contorno del área ocupada por las distintas colonias.
- Cuenten los cuadros pequeños (mm^2) y totalicen el dato.
- Sugerencia: La luz de un celular o de un Contador de Colonias o linterna puede facilitar la realización de la gráfica.
- Sugerencia: Si el área ocupada es mayor al área vacía, cuenten los cuadros de espacio sin hongo y luego hagan la resta teniendo en cuenta el área total de la caja de Petri.

Conteo por Biomasa

- Coloquen los cultivos en un recipiente plástico y calienten en un horno de microondas durante 45 segundos por cada caja de Petri.
- Usando unos guantes gruesos o un material similar, destapen la caja de Petri.
- Con ayuda de un asa, retiren el hongo que estará flotando en el medio ahora líquido.

ANEXO C

- Deposítenlo durante algunos segundos sobre una toalla de papel.
- Mientras tanto coloquen un vidrio de reloj o un trozo de papel sobre la báscula de precisión y calibren a 0 g.
- Coloquen el hongo sobre el vidrio de reloj y registren el dato observado en la pantalla.

REGISTRO DE DATOS

Para facilitar el registro de las mediciones observadas se sugiere el uso de las siguientes tablas. No obstante, otros formatos pueden ser aceptados, pero aquí se les presenta una forma ordenada de hacerlo, con la menor cantidad de tablas necesarias.

Área (mm ²)	pH Ácido	pH Neutro	pH Básico
Glucosa			
Xilosa			
Fructosa			

Biomasa (g)	pH Ácido	pH Neutro	pH Básico
Glucosa			
Xilosa			
Fructosa			

UFC	pH Ácido	pH Neutro	pH Básico
Glucosa			
Xilosa			
Fructosa			

ANEXO C

BIBLIOGRAFÍA

- Aquiahuatl Ramos, M. (2013). Manual de Prácticas Laboratorio MICROBIOLOGÍA GENERAL. 4th ed. México D.F.: Ariel, pp 5-183.
- Baldwin, E. and Bell, D.J., Cole's Practical Physiological Chemistry, publicado por Heffer, Cambridge, 1955, page 189.
- Barfoed, C. (1873). Acerca de la detección de dextrosa junto a dextrina y cuerpos relacionados. *Diario de Fresenius de Química Analítica*, 12(1): 27. doi: 10.1007/BF01462957.
- Biochemistry Department. *Identificación colorimétrica de azúcares desconocidos*. Biochemistry Laboratory 353. Smith College.
- Bowen, Graham and Williams, A Students' Handbook of Organic Qualitative Analysis, University of London Press, 1957, p.73.
- Carrillo, L. (2003). Penicillium. *Los Hongos de los Alimentos y Forrajes* (pp. 61-69). Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Departamento de Ciencias Básicas. Laboratorio de Química Orgánica. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Recuperado de http://avalon.utadeo.edu.co/comunidades/estudiantes/ciencias_basicas/organica/guia_7_carbohidratos.pdf
- Seliwanoff, Theodor. (1887). Informes de la Sociedad Química Alemana, 20(1), 181–182.