



***ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS FASES DE CRECIMIENTO DE SACCHAROMYCES  
CEREVISIAE CON MEDIACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y EL  
CONOCIMIENTO***

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO  
TRABAJO DE GRADO**

**BOGOTÁ D.C., SEPTIEMBRE DE 2021**



***ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS FASES DE CRECIMIENTO DE SACCHAROMYCES  
CEREVISIAE CON MEDIACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y EL  
CONOCIMIENTO***

**ALBA LIZETH GONZÁLEZ SALAZAR**

**ASESORA: DOCTORA JEANNETTE VARGAS HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO**

**TRABAJO DE GRADO**  
**BOGOTÁ D.C., SEPTIEMBRE DE 2021**



***ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS FASES DE CRECIMIENTO DE SACCHAROMYCES  
CEREVISIAE CON MEDIACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y EL  
CONOCIMIENTO***

**APROBADA** \_\_\_\_\_

**JURADOS** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ASESOR** \_\_\_\_\_

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA  
TRABAJO DE GRADO**

## BOGOTÁ D.C., SEPTIEMBRE DE 2021

### Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVOS	10
1. ANTECEDENTES	11
2. MARCO REFERENCIAL	14
2.1.1 Crecimiento microbiano	15
2.1.2 Fases de crecimiento de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en fermentaciones viníferas	17
2.1.3 Variables que afectan el crecimiento	18
2.1.3.1 Ácidos débiles	18
2.1.3.2 pH	20
2.1.3.3 Temperatura	21
2.1.3.4 Dióxido de carbono	21
2.1.3.5 Altas concentraciones de glucosa	22
2.1.3.6 Otras variables	22
2.1.4 Muerte celular programada, mecanismo de ingreso del ácido acético y mecanismos de protección celular de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	22
2.1.5 Aplicaciones industriales de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	23
2.1.6 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en salud publica	24
2.2 El aprendizaje	25
2.2.1 Cuarta revolución industrial	26
2.2.2 Aplicaciones de la cuarta revolución industrial a la educación	27
2.2.3 Aprendizaje colaborativo	28
2.2.4 Desventajas de la cuarta revolución industrial	31
3. DISEÑO METODOLÓGICO	34
3.1 Tipo de investigación	34
3.2 Alcance de la investigación	34
3.3 Población y muestra	34
3.4 Técnicas y procedimientos	35
3.4.1 Revisión de antecedentes	35
3.4.2 Selección y clasificación del material bibliográfico de acuerdo con la temática	35
3.4.3 Organizar el documento de forma lógica	35
4. RESULTADOS	37

4.1	Revisión de antecedentes	37
4.2	Selección del material bibliográfico de acuerdo con la temática	38
4.3	Organización lógica del documento	38
4.4	Establecer aportes con la información obtenida	43
4.4.1	Relativos a los sistemas de representación en los reportes de las fases de crecimiento en los artículos indagados	43
4.4.2	Concernientes al aprendizaje colaborativo	48
4.4.2.1	Material audiovisual: uso de Excel, TEAMS, redes sociales, bases de datos y otras herramientas	48
4.4.2.1.1	El Padlet y Genially en la socialización de los primeros pasos de la investigación:	48
4.4.2.1.2	Cuaderno de funciones: video sobre crecimiento lineal – no esperado - en la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . Usando TEAMS, redes sociales, GeoGebra.	49
4.4.2.1.3	Cuaderno de funciones 2.0. Análisis de la fase de crecimiento exponencial de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . Uso de redes sociales, bases de datos, TEAMS y software especializado, formato .ppt	51
5.	DISCUSIÓN	53
	CONCLUSIONES	55
	REFERENCIAS	56

## ANEXOS

Anexo 1. Padlet presentado en el video <sup>56</sup> “El proceso de indagación en un Análisis del crecimiento <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ”	63
Anexo 2. Genially presentado en el video <sup>59</sup> “El proceso de indagación en un Análisis del crecimiento <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ”	63
Anexo 3. Padlet para el aprendizaje colaborativo <sup>58</sup>	64
Anexo 4. Explicación sobre la cámara de Neubauer en el Cuaderno de funciones <sup>55</sup>	64
Anexo 5. Diferencia del tiempo en horas en el Cuaderno de funciones	65
Anexo 6. Representación gráfica de un crecimiento hipotético lineal de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . Elaboración con la líder del semillero BIOMA´s. <sup>55</sup>	65
Anexo 7. Tabla de datos de las observaciones realizadas en el procedimiento de crecimiento de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . Elaboración con la líder del semillero BIOMA´s recurriendo a la herramienta PowerPoint	66



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios por permitirme llegar hasta este punto y poner en mi camino personas que en el trayecto académico me han aportado para ser un ser integral y competente en la sociedad; a mis padres por brindarme su apoyo incondicional y su amor; a mi hermano por darme herramientas para tomar la vida académica de manera crítica.

A los profesores que marcaron cada etapa de mi camino académico, especialmente a la asesora de trabajo de grado la Doctora Jeannette Vargas Hernández, por su paciencia, dedicación, comprensión brindada y conocimiento compartido. A las profesoras Liliana Caycedo Lozano y Vilma Martínez Granados, por aportar conocimiento para mi formación y para nutrir este trabajo

Finalmente, gracias a los amigos que siempre tuvieron la disposición para colaborarme en diferentes situaciones académicas y por sus palabras de aliento.



## RESUMEN

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA

**ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS FASES DE CRECIMIENTO DE *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* CON MEDIACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y EL CONOCIMIENTO**

En esta monografía se considera que los reportes de investigaciones concernientes al crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*, son una oportunidad de aprendizaje de fenómenos exponenciales. Se analiza y comprende el crecimiento de la levadura en 4 fases: fase de retraso o adaptación, fase exponencial, fase de latencia y fase de muerte. Se procede a la clasificación de las publicaciones de carácter científico en categorías, para establecer un informe de los aspectos que se han indagado sobre dicho fenómeno.

A partir de la comprensión lograda sobre la fase exponencial y atendiendo a las dificultades de los estudiantes, en el aprendizaje de las funciones exponenciales, se usa el crecimiento de la levadura, como un ejemplo para comprender cómo analizar la variación en los fenómenos. Adicional al informe de clasificación de las investigaciones, se crea material audiovisual con conocimientos, relativos a la tecnología y el aprendizaje colaborativo para examinar la variación de los datos en fenómenos de conteo de crecimiento de microorganismos

**PALABRAS CLAVE:** levadura *Saccharomyces cerevisiae*, fase de crecimiento exponencial, variación, cuarta revolución industrial, aprendizaje.

Estudiante: Alba Lizeth González Salazar

Profesora: Doctora Jeannette Vargas Hernández

Institución: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Septiembre 2021

## INTRODUCCIÓN

A través de publicaciones científicas se estudian las fases de crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en los procesos de fermentación, la acción que tiene el ácido acético como inhibidor del crecimiento de la levadura, y la selección de la fase de crecimiento exponencial. Se hace énfasis en la necesidad de comprensión de estos fenómenos en cuanto a la variación a través de la razón de cambio promedio. Con el fin de hacer un aporte a la comprensión de los crecimientos exponenciales se recurre a las tecnologías aplicadas a la educación que, en este trabajo permitirán la creación de algunos audiovisuales que enriquezcan el entorno virtual e interactivo, utilizando herramientas como Padlet y Genially en la creación de material audio visual.

*Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) es una levadura ampliamente utilizada en diferentes procesos industriales, principalmente se presenta en la industria licorera para la producción de etanol<sup>10,15</sup>, seguido de la biorremediación para la fermentación de hidrolizados lignocelulósicos<sup>15,20,21</sup> y por último en la fabricación de células para la producción de biocombustibles y bioquímicos<sup>20</sup>. Uno de los problemas más comunes en los procesos industriales, es la presencia del ácido acético, este ácido es capaz de disminuir la biomasa celular<sup>22</sup> y prolongar el periodo de latencia de crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* antes de entrar en la fase de crecimiento exponencial<sup>16</sup>; se debe resaltar que en un medio con ácido acético son pocas las células que pueden reanudar su crecimiento, estancando los procesos de fermentación y deteriorando la calidad del producto final<sup>21</sup>.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) pertenece a la división *Ascomycota*, familia *Saccharomycetaceae* y al orden *Saccharomycetales*, es un organismo unicelular capaz de dividirse rápidamente en medios ricos en nutrientes, su reproducción es asexual, por medio de la gemación, que consiste en un brote que aparece en la superficie del microorganismo parental, posteriormente este brote se desprende y resulta en la formación de dos individuos<sup>6</sup>.

En concentraciones óptimas de nutrientes en un medio de cultivo, se puede observar el crecimiento microbiano en el medio; el crecimiento microbiano se divide en 4 fases, la primera es la fase de retraso en la se considera un período de adaptación en el que la actividad

enzimática de la célula está activa para sintetizar los sustratos del medio <sup>10</sup>, la segunda es la fase de crecimiento exponencial, en la cual se presenta un período durante el cual la multiplicación es máxima y constante <sup>10</sup>; la tercera es la fase estacionaria, en la cual las concentraciones de los nutrientes del medio de cultivo se han agotado por la actividad metabólica de la levadura y no se puede mantener un crecimiento uniforme; y la última es la fase de muerte en la que la población disminuye por falta de nutrientes en el medio.

Cuando hay presencia de ácido acético se afectan principalmente la fase de retraso y la fase de crecimiento exponencial<sup>10</sup>; la fase de retraso presenta un tiempo prolongado cuando hay altas concentraciones de ácido acético<sup>31</sup>, debido a que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* está adaptándose al medio para reanudar su crecimiento<sup>10,19</sup>; referente a la fase de crecimiento exponencial, esta puede ser inhibida<sup>19</sup> por el ácido acético, su mecanismo de acción depende del pKa que es de 4,76 a 25° y del pH del medio<sup>10,15</sup>, cuando el pH es menor al valor de pKa, el ácido acético es capaz de entrar a la levadura a través de la membrana por difusión pasiva simple<sup>20</sup>. En el citoplasma de pH neutro, el ácido acético se disocia como anión acetato (CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>) y un protón (H<sup>+</sup>) y éstos acidifican la levadura<sup>21</sup>, el anión se acumula en la levadura alcanzando concentraciones que inhiben las funciones metabólicas de la levadura y la acumulación de protones durante el estrés ácido disminuye la síntesis de ADN y ARN<sup>10</sup>.

En este trabajo de grado se considera que los reportes de investigaciones, las conclusiones y los análisis sobre el crecimiento de *S. cerevisiae* pueden ser una oportunidad de aprendizaje, no solo en los cursos de Bacteriología o Microbiología, sino que pueden impactar la formación inicial desde las Ciencias Básicas, por esa razón se lleva a término simultáneamente al estudio de este fenómeno, la indagación en “nuevas” herramientas tecnológicas. Ello, teniendo en cuenta que la sociedad actual requiere una preparación en conocimiento y en ejecución y aplicación de las nuevas tecnologías a través de las habilidades del liderazgo compartido; las nuevas tecnologías harán cada vez más delgada la línea entre la educación formal en el aula y el aprendizaje individual a su propio ritmo<sup>32</sup>, por ejemplo, con los sistemas de aprendizaje colaborativo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Comprender las fases del crecimiento en fenómenos que se describen exponencialmente, a través de un estudio del modelo de crecimiento para la levadura *Saccharomyces cerevisiae* e identificar características de estos crecimientos, usando acercamientos mediados por las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento.

### **Objetivos específicos**

- Rastrear a través de bases de datos la información sobre el crecimiento exponencial de *Saccharomyces cerevisiae*, para el análisis de la posible inhibición por ácido acético en los procesos de fermentación.
- Encontrar maneras para usar los diferentes registros de representación, que se identifican en los reportes de investigación concernientes al crecimiento exponencial de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en los procesos de fermentación, para mejorar la comprensión de los procesos de análisis de los fenómenos.
- Determinar cuáles y qué características del crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, permiten modelar este fenómeno como un crecimiento exponencial
- Generar a través de las herramientas de las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC) estrategias para el análisis del fenómeno de crecimiento en el caso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

## 1. ANTECEDENTES

Las estrategias de aprendizaje se consideran de las líneas de investigación más beneficiosas en el aprendizaje como lo comentan Valle A et al<sup>1</sup>, en su artículo titulado “Las estrategias de aprendizaje: características básicas y su relevancia en el contexto escolar”, donde se resalta que las estrategias del aprendizaje ayudan a abarcar recursos cognitivos que el estudiante utiliza a la hora de aprender y, que las estrategias no solo tienen una planificación o guía para el aprendizaje, sino que además poseen dirección y control que garantizan aprendizajes significativos.

Las estrategias del aprendizaje tienen dos componentes principales<sup>1</sup>, el primero es una secuencia de actividades dirigidas y el segundo es que tienen un carácter intencional en donde es importante la toma de decisiones de los estudiantes acorde a los objetivos a seguir, que a su vez están determinados por poner en acción destrezas y habilidades y estas no requieren de planificación, sino que son automáticas gracias a la práctica que se tiene en estas<sup>1</sup>.

Para lograr una comprensión adecuada del proceso de aprendizaje se deben tener en cuenta factores como analizar las posibilidades y limitaciones de uno mismo, definir estrategias, relaciones interpersonales, interpretación de la información según conocimientos previos, construcción mental propia y motivación cognitiva; todo lo mencionado anteriormente pone al estudiante como responsable de la calidad y profundidad de los aprendizajes realizados<sup>1</sup>.

Aunque los estudiantes sean responsables de los aprendizajes realizados<sup>1</sup>, se debe resaltar que las funciones son los primeros términos que se presentan en secundaria<sup>2</sup>, pero se considera como uno de los conceptos más difíciles de dominar y enseñar, debido a que los estudiantes presentan dificultades al identificar las diferentes funciones, propiedades, aplicaciones y los fenómenos que los modelan; además, de la dificultad al representar estos fenómenos en gráficas, tablas de datos y realizar su respectivo análisis<sup>2</sup>.

En el trabajo de investigación de Lezama<sup>2</sup> sobre la enseñanza de la función exponencial se observó, que la mayoría de los estudiantes pudieron reconocer de la naturaleza creciente de la función exponencial, sin embargo, aunque asociaban la función exponencial con un

crecimiento, no reconocían el tipo de crecimiento ya que la mayoría de graficas eran representadas con líneas rectas crecientes<sup>2</sup>.

Por otro lado, según Bravo J<sup>3</sup>, los medios de enseñanza tienen componentes activos en estos procesos, es decir que facilitan la comunicación educativa y solo tiene sentido cuando se llega al aprendizaje, estos medios pueden ser un conjunto de palabras, imágenes, sonidos o símbolos; las nuevas tecnologías han permitido la incorporación de medios tecnológicos para el aprendizaje, aplicando estrategias o modelos que permiten que estos medios tecnológicos supliran las necesidades que los estudiantes tienen en el aprendizaje, y también han permitido acortar el tiempo de traslado al proporcionar materiales a distancia que evitan el desplazamiento de los estudiantes y dejando más tiempo para aprovechar los espacios de aprendizaje<sup>3</sup>.

Entre los medios tecnológicos usados en clase destacan, las diapositivas que permiten llevar al aula la realidad de exterior a través de imágenes, el video de baja elaboración que permite ilustrar las clases con imágenes en movimiento, el video educativo que permiten transmitir contenido lineal, los sistemas de presentación con ordenador que permiten integrar la interactividad y la relación con el entorno informático, los sistemas multimedia que permiten la interacción y evaluación continua del proceso de aprendizaje (página web, correo electrónico y videoconferencias)<sup>3</sup>.

Además, los medios tecnológicos permiten la comunicación para la enseñanza a través de cualidades como, la interactividad en la que se tiene la capacidad de actuar sobre un medio “activo” y no solo un receptor de mensajes; la sincronía o asincronía donde un medio sincrónico es aquel que permite la comunicación entre el emisor y receptor cuando ambos están conectados simultáneamente y la asincronía permite establecer la conexión en el momento que cada persona puede; la telecomunicación que permite la comunicación aunque los sujetos estén separados miles de kilómetros (videoconferencia, televisión o página Web)<sup>3</sup>.

Habría que mencionar también que, las matemáticas siempre han sido un factor clave para el desarrollo de la humanidad gracias a sus aplicaciones a diferentes áreas y contextos<sup>4</sup>, esto a su vez ha generado que los docentes de matemáticas establezcan secuencias para la enseñanza de diversos temas, al igual que el análisis de las dificultades que presenta<sup>4</sup>.



En el análisis de las dificultades del aprendizaje de funciones Gómez et al<sup>4</sup> observaron que la mayor dificultad era identificar todos los elementos que se presentan en una función, por ende, no podían al relacionar los elementos de la función y no podían establecer la variación que se presenta en la función<sup>4</sup>; también se observaron otras dificultades, por ejemplo, al modelar la función a través de una expresión algebraica y al realizar la representación gráfica<sup>4</sup>.

López et al<sup>5</sup> comentan que las dificultades en el aprendizaje de funciones van directamente relacionadas con la naturaleza del mismo concepto y en la forma como es enseñado, debido a que las representaciones tabulares o graficas que se realizan de estas, se presentan de manera aislada y como tal no muestran de manera clara al concepto de función<sup>5</sup>. Por lo mismo las dificultades encontradas en los estudiantes fueron, dificultad al distinguir entre variable e incógnita, enunciar fenómenos o situaciones que involucren relación entre variables, utilizar diferentes representaciones de funciones, obtener una expresión algebraica o grafica de una función que modele un fenómeno y analizar el comportamiento e interpretar graficas o tablas de funciones<sup>5</sup>.

## 2. MARCO REFERENCIAL

Este capítulo desarrolla dos aspectos en los cuales se fundamenta esta monografía.

El primero hace referencia a la clasificación de las publicaciones estudiadas sobre el proceso de fermentación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales están agrupadas de acuerdo con el énfasis que se establece en cada uno de los documentos indagados. Las categorías de agrupación que se determinaron son: Crecimiento microbiano; Fases de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en fermentaciones viníferas; Variables que afectan el crecimiento; Muerte celular programada, mecanismo de ingreso del ácido acético y mecanismos de protección celular de *Saccharomyces cerevisiae*; Aplicaciones industriales; y *Saccharomyces cerevisiae* en salud pública.

El segundo aspecto del capítulo inicia con la definición de función exponencial y hace referencia al aprendizaje y sus vínculos con algunos conceptos y herramientas concernientes a la cuarta revolución industrial. Estas publicaciones estudiadas, se agrupan en cuatro temáticas: Cuarta revolución industrial; Aplicaciones de la cuarta revolución industrial a la educación; Aprendizaje colaborativo; y Desventajas de la cuarta revolución industrial.

La realización de las categorías de análisis permite ordenar el trabajo que es de carácter descriptivo; al mismo tiempo, permite utilizar la información obtenida sobre la levadura *S. cerevisiae* para comprender su crecimiento y hacer uso de las herramientas digitales para el aprendizaje mencionado en el segundo aspecto de este trabajo; con la unión de los dos aspectos se produce material audio visual donde se explica el crecimiento de la levadura *S. cerevisiae* y se utilizan herramientas interactivas para facilitar la comprensión de este crecimiento.

### 2.1 Características del crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* y clasificación de las publicaciones.

*Saccharomyces cerevisiae* es una levadura que puede dividirse rápidamente en múltiples entornos como lo describen Hartwell et al<sup>6</sup>, cada célula germina, se regenera y crece hasta el tamaño de la célula original. Esta levadura tiene un sistema genético muy desarrollado; por

consiguiente, es importante identificar mutaciones que podrían afectar la formación de la levadura y su crecimiento.

### **2.1.1 Crecimiento microbiano**

El crecimiento microbiano según Pollack et al <sup>7</sup>, se refiere al aumento en el número de células. Las células microbianas aumentan de tamaño antes de la fisión binaria, que es un mecanismo asexual por el cual una célula recolecta nutrientes, duplica sus ácidos nucleicos, proteínas y se divide en dos células hijas. El tiempo necesario para que una célula se convierta en dos células, se denomina tiempo de generación microbiana, cada generación de células se describe mediante la ecuación  $N = N_0 2^n$ , donde N es el número total de microorganismos que se generan,  $N_0$  es el número inicial de microorganismos, 2 es el número de células que se producirán en un tiempo de generación establecido y n es el número de generaciones.

Las fases de crecimiento microbiano descritas por Alterthum et al <sup>8</sup> son cuatro, la primera es la fase de retraso, que es un período de adaptación con alto grado de actividad enzimática; dependiendo del medio de cultivo la fase de retraso puede existir o no, también se puede presentar un alargamiento de esta fase cuando el inóculo es pequeño o proviene de un cultivo antiguo o cuando el medio de incubación y la temperatura no son óptimos. En condiciones óptimas, la fase de retraso suele ser menor; en algunos casos los microorganismos de un cultivo que se encuentran en fase estacionaria tardan algún tiempo en comenzar el crecimiento cuando se inoculan en un nuevo medio, mientras que los organismos que se originan en un cultivo con condiciones óptimas no presentan retraso, así mismo, continúan creciendo con la misma rapidez que tenían en el medio anterior, si este nuevo medio tiene las mismas condiciones.

La fase de retraso es un período de intensa actividad metabólica<sup>8</sup>, la célula está sintetizando proteínas enzimáticas, que estas se forman bajo la guía del ácido nucleico y son esenciales para la construcción de la membrana celular, y esta membrana celular controla la entrada y salida de material en la célula. Este sistema de producción de proteínas para el funcionamiento celular debe estar en sincronía para que pueda ocurrir la división<sup>8</sup>.

La segunda fase es la exponencial, es un período de crecimiento máximo<sup>8</sup>. Las bacterias crecen y se reproducen asexualmente por fisión binaria, cada duplicación del número de microorganismos en un cultivo representa una nueva generación; la velocidad de crecimiento depende de una serie de factores como, la temperatura de incubación, la presencia o ausencia de oxígeno (O<sub>2</sub>), la presencia de ácidos débiles, el pH y la naturaleza de los microorganismos<sup>8</sup>.

La velocidad de crecimiento se puede afectar por la temperatura debido a que, los microorganismos tienen en su hábitat natural diferentes temperaturas óptimas en las que sus enzimas se encuentran en las formas más activas para ayudar a su crecimiento.

La presencia o ausencia de O<sub>2</sub> en el medio depende directamente de las vías por las que los microorganismos obtienen energía<sup>8</sup>, esto quiere decir que la aireación acelera el crecimiento de organismos fermentativos y aeróbicos estrictos, pero es completamente tóxica para los anaerobios estrictos.

Por otro lado el pH del medio de cultivo es un factor importante para la actividad enzimática, se requiere un pH neutro para mejor el desarrollo del cultivo, aun así, una variación pequeña en el pH no afecta significativamente la velocidad de crecimiento; sin embargo, en los medios de cultivo que hay variaciones bruscas de pH, los iones presentes en el medio afectan a las proteínas de membrana como, las permeasas impidiendo así un ingreso adecuado de nutrientes y a su vez afectando el crecimiento<sup>8</sup>.

La fase estacionaria, comienza cuando las condiciones del medio de cultivo son alteradas, es decir ya no proporciona las condiciones necesarias para mantener un crecimiento uniforme; los principales factores que son responsables del inicio de esta fase son, limitación de nutrientes, acumulación de metabolitos tóxicos y ausencia de O<sub>2</sub><sup>8</sup>. Cuando aumenta la cantidad de células de un cultivo hay una disminución proporcional en la cantidad de nutrientes, hasta el punto en el que la concentración de nutrientes alcanza un nivel crítico y se detiene el crecimiento<sup>8</sup>.

La fase de muerte es descrita por Alterthum et al <sup>8</sup> como, en la que la población disminuye, por lo general, la causa de la muerte celular después de un período de crecimiento en un cultivo puede estar relacionada con la falta de nutrientes. La actividad metabólica microbiana utiliza las reservas nutricionales internas, los metabolitos intermedios y las estructuras propias de los organismos pueden servir como fuente de combustible para la actividad respiratoria, sólo hasta cierto momento, ya que la célula no puede seguir dividiéndose sin nutrientes, aunque sea transferida a un nuevo medio <sup>8</sup>. Cuando el factor limitante del crecimiento es la acumulación de metabolitos tóxicos, la causa de la muerte celular dependerá de la naturaleza de ese factor.

A continuación, se presentan las publicaciones estudiadas sobre el proceso de fermentación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales están agrupadas de acuerdo con el énfasis que se encuentra en cada uno de los estudios realizados:

### **2.1.2 Fases de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en fermentaciones viníferas**

El crecimiento de *S. cerevisiae* se usa para identificar mecanismos fisiológicos y moleculares, Olivares et al <sup>9</sup>, mencionan tres métodos para medir el crecimiento de *S. cerevisiae* que son, diluciones en serie para pruebas puntuales, recuento de unidades formadoras de colonias y curvas de crecimiento, en estos métodos se pueden modificar las variables para observar el comportamiento de crecimiento de la levadura. Así mismo, describen Quirós et al <sup>10</sup> que, por lo general cuando se realiza una fermentación continua, se observan 3 fases, la primera que es la fase de crecimiento exponencial de la levadura, la segunda fase, cuando la fuente de carbono se convierte en un nutriente limitante y la tercera fase, cuando la mayor parte del etanol se produce en una fase de muerte <sup>10</sup>.

Durango L<sup>11</sup> describen que para tener un crecimiento óptimo se deben realizar procesos de pre-fermentación, y con esto se observan fases de latencia más reducidas, por otro lado Bento R. et al<sup>12</sup> describen que la fase de crecimiento exponencial de *Saccharomyces cerevisiae*, no es una fase uniforme, sino que muestra un metabolismo altamente dinámico siendo más oxidativo en la fase exponencial temprana y más fermentativo al final de la fase exponencial<sup>12</sup>.

A continuación, se describen algunas de las fases de crecimiento encontradas en revistas indexadas y se resalta la fase exponencial en los procesos de fermentación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Durango L<sup>11</sup>, comenta que los experimentos se llevaron a cabo en tres etapas. Primero se realizaron “pre-fermentaciones” para estimar el tiempo de cultivo y los medios óptimos para el crecimiento de la levadura *Saccharomyces sp*, realizaron fermentaciones en agitación continua, con control de pH y temperatura constante. En la curva del crecimiento se observó una fase de latencia breve y posteriormente una fase de crecimiento exponencial con una reducción significativa de azúcares presentes en el medio, cuando se acabó todo el azúcar presente en el biorreactor la levadura entro a la fase estacionaria ya que había un consumo mayor a 70% de la concentración de azúcares; en ese momento el crecimiento de la levadura disminuye por factores como variación del pH, agotamiento de los nutrientes, inhibición por producto o alta concentración celular y disminución de oxígeno<sup>11</sup>.

Por otro lado Rocha J<sup>13</sup>, utilizaron tres medios convencionales (caldo de extracto de malta, caldo de levadura de sacarosa y caldo de glucosa), para evaluar el crecimiento de *S. cerevisiae* y se realizó muestreo de cada medio cada 5 horas durante 35 horas; como resultado, se observó un crecimiento lento en las primeras 5 horas en los tres medios, pero la pendiente fue más pronunciada en el caldo extracto de malta, lo que indica que la levadura se adaptó rápidamente; en el caldo de glucosa se observó menor crecimiento en comparación con los otros dos caldos y esto se debía a la falta de nutrientes necesarios para el crecimiento celular. Posteriormente, en un período corto de 5 a 10 horas, se observa que la levadura continúa creciendo hasta las 20 horas, después de las 20 horas le levadura entra a la fase estacionaria y permanece en esta fase hasta las 35 horas de incubación en todos los medios de cultivo<sup>13</sup>.

### **2.1.3 Variables que afectan el crecimiento**

#### **2.1.3.1 Ácidos débiles**

Los ácidos débiles son aquellos que no se disocian totalmente en un medio acuoso, es decir quedan partículas disociadas y sin disociar en el medio<sup>14</sup>, principalmente en los procesos de fermentación se presentan ácidos débiles como el ácido acético, la vainillina y el furfural; pero el ácido de importancia de este estudio es el ácido acético, aun así, se menciona la actividad que tienen los otros ácidos débiles en comparación con la toxicidad del ácido acético.

López P. et al<sup>14</sup> describen mediante citometría de flujo, cómo tres inhibidores comunes (vainillina, furfural y ácido acético) afectan el potencial de membrana, la permeabilidad de la membrana y la concentración de especies reactivas de oxígeno (ROS) durante las diferentes fermentaciones. En el proceso de fermentación se observó que el potencial de membrana disminuyó durante la desintoxicación y se reflejó en los diferentes mecanismos de toxicidad de los inhibidores, es de resaltar que la vainillina y el furfural provocaron una inhibición metabólica y una pérdida de la carga de la membrana gradual y el ácido acético provocó toxicidad que se manifestó con una rápida acidificación del citosol, provocando una despolarización inmediata, además la concentración de ROS intracelular también aumentó en presencia de inhibidores, lo que indica estrés oxidativo<sup>14</sup>.

Para puntualizar sobre el ácido acético se comenta que, es un producto de degradación de los grupos acetilo que se encuentran en la lignina y la hemicelulosa, es un ácido débil con un pKa bajo<sup>14</sup>; el pKa es una constante de equilibrio que indica a qué pH es igual la concentración de moléculas de ácido disociadas y no disociadas, se comenta que la molécula de ácido no disociada es liposoluble, por lo que puede difundirse fácilmente a través de la membrana celular y como el citoplasma de las células suele tener un pH neutro, la molécula de ácido no disociada difusa se disocia dentro de la célula, acidificando así el citoplasma<sup>14</sup>.

La adición del ácido acético en los procesos de fermentación sirve para inhibir el crecimiento de microorganismos, como parásitos y bacterias según González-Ramos et al <sup>15</sup>, pero esto puede causar una reducción en el crecimiento específico y el rendimiento de la biomasa de *S. cerevisiae*, de igual manera se disminuye el pH para evitar riesgo de contaminación bacteriana, que a su vez esta disminución del pH aumenta la toxicidad del ácido acético.

Además, consideran que el ácido acético en los procesos de fermentación, con concentraciones mayores a 10 g/ L pueden afectar el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* y a su vez afectar el rendimiento de la biomasa<sup>15</sup>, cuando se realiza un cambio de cultivo de la levadura de un medio sin ácido acético a un medio con ácido acético son pocas las células que puede reanudar su crecimiento y si se aumenta la concentración de ácido acético disminuye la cantidad de células capaces de crecer aunque esto depende estrictamente de la cepa de *Saccharomyces cerevisiae* que se está utilizando<sup>15</sup>, lo ideal sería que hubiera heterogeneidad de cepas.

A continuación, se mencionan algunas soluciones propuestas por los autores para mejorar la tolerancia de la levadura al ácido acético en los procesos de fermentación, ya que este inhibidor retrasa los procesos industriales y a su vez inhibe el crecimiento de la levadura provocando la muerte.

Inicialmente, como lo comentan Guo et al <sup>16</sup> en su estudio, se ha demostrado que a levadura *S. cerevisiae*, puede lograr un flujo de salida de protones en exceso usando H-ATPasas para mantener la homeostasis del pH intracelular. Además, tener heterogeneidad celular dentro de una población es un factor importante que contribuye a la tolerancia de ácidos débiles en *S. cerevisiae*, al mismo tiempo Swinnen et al <sup>19</sup> comentan que deben expandirse la información sobre los genes que participan en la heterogeneidad celular, ya que su identificación contribuirá a la comprensión de los mecanismos moleculares de célula a célula con respecto a la tolerancia al ácido acético y facilitará la ingeniería de cepas para procesos de fermentación más eficientes.

Unrean et al <sup>18</sup> evaluaron una cepa mutante de *Saccharomyces cerevisiae* que posee tolerancia mejorada al ácido acético, para la construcción de la cepa mutante se fabricó con un grupo de mutantes de *Saccharomyces cerevisiae* que contenían un conjunto de plásmidos de una biblioteca genómica de levaduras, las cepas salvajes se cultivaron en 10 g/L de ácido acético a pH 5, el mutante fue designado como AFb.01. Este mutante lleva en su información genética la sobreexpresión de TRX1 que codifica la tiorredoxina, una maquinaria celular redox que evita a desnaturalización de proteínas y el daño del ADN

Otro mecanismo de protección de la levadura, descrito por Unrean et al <sup>18</sup>, es la trehalosa, que



protege las proteínas del daño oxidativo y reduce los niveles de peroxidación lipídica durante el estrés oxidativo, casi inmediatamente a la reacción del estrés oxidativo se acumula la trehalosa en la levadura y este aumento de trehalosa proporciona energía para que la levadura pueda seguir creciendo después de la adaptación al ácido acético; también, Guo et al <sup>16</sup> mencionan que la acumulación de la trehalosa es un mecanismo protector para mantener la integridad de la membrana celular; a la trehalosa se le conoce como un protector de calor o el estrés oxidativo, debido a que estabiliza las membranas para preservar la integridad celular, estabiliza las estructuras de proteínas para prevenir la desnaturalización y actúa contra las lesiones oxidativas.

A pesar de todos los esfuerzos anteriormente mencionados, el desarrollo de *S. cerevisiae* tolerante a otros ácidos débiles hasta ahora solo se ha explorado un pequeño campo<sup>16</sup>, por lo cual, una mejor comprensión de las respuestas moleculares y reguladoras de la levadura a diferentes ácidos débiles es crucial para desarrollar cepas más tolerantes hacia el estrés de los ácidos débiles<sup>16</sup>.

### **2.1.3.2 pH**

Otra variable es el pH, este afecta el crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en los procesos industriales<sup>19</sup>, debido a que se utiliza ácido sulfúrico para lavar durante cada ciclo de fermentación para disminuir la concentración bacteriana; el pH puede llegar a concentraciones de 1,8 a 2.5 <sup>20</sup> y estos ácidos se agregan durante 1 a 2 horas, creando la posibilidad que las células de levadura no se adapten a esas concentraciones de pH tan bajas, por lo cual no sobrevivan para el siguiente proceso de fermentación.

Cuando en el proceso de fermentación se presenta pH menor a 4.4 y ácido acético, aumenta el estrés osmótico de la levadura, Erasmus et al <sup>21</sup>, afirman que al aumentar el estrés osmótico en la levadura aumenta la producción de glicerol intracelular para contrarrestar la presión osmótica, si se pone a la levadura en condiciones de estrés y este no es regulado, disminuye la producción de ATP, esto a su vez lleva al agotamiento de fosfato en la levadura que ocasiona la incapacidad de crecimiento y posterior muerte celular. Por su parte Vasserot et al <sup>22</sup> informan

que se produce una disminución en la concentración de glicerol y de la cantidad de células cuando se añade ácido acético debido a que se necesita mayor producción de metabolitos para obtener ATP.

### **2.1.3.3 Temperatura**

La tasa de crecimiento específica se ve afectada debido a que la levadura presenta genes que están regulados por la temperatura <sup>10</sup>, en el proceso de fermentación la temperatura por lo general varía entre los 32 y los 35°C según Beato et al <sup>20</sup> pero puede alcanzar temperaturas de 40°C. Las vías de producción de energía están fuertemente reguladas, pero en la producción de glicerol, ácido acético y biomasa que están reguladas por el equilibrio redox interno de la levadura, pueden presentar mayor variabilidad dependiendo de la temperatura<sup>10</sup>.

### **2.1.3.4 Dióxido de carbono**

Otro inhibidor del crecimiento es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en altas concentraciones, este es uno de los principales subproductos en la fermentación de vinos, cuando hay alta concentración de CO<sub>2</sub> se ralentiza la fermentación, cambia el sabor del producto fermentado, inhibe el crecimiento de la levadura y disminuye la permeabilidad de la membrana celular evitando el ingreso de la glucosa a la levadura<sup>16</sup>. Comentan Li et al <sup>23</sup> que, cuando aumenta la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta la producción de etanol, este aumento de etanol afecta la síntesis de glicerol que tiene por función proteger a la levadura de la alta presión osmótica, como tal mantiene el equilibrio redox y suministra precursores para la síntesis de fosfolípidos.

### **2.1.3.5 Altas concentraciones de glucosa**

En la fermentación, las altas concentraciones de glucosa son capaces de inhibir las vías de respiración de la levadura, conocido como el efecto Crabtree, descrito por Olivares et al <sup>9</sup>, cuando la levadura comienza la fermentación, empieza a utilizar los diferentes sustratos fermentables encontrados en el medio para producir ATP, dando a entender que el

crecimiento de *S. cerevisiae* está íntimamente relacionado con las vías generadoras de ATP; *S. cerevisiae* en la respiración mitocondrial produce aproximadamente 18 moléculas de ATP por una molécula de glucosa, mientras que la fermentación solo genera 2 moléculas de ATP por una molécula de glucosa, por lo tanto, se espera que el crecimiento sea menor en la fermentación.

### **2.1.3.6 Otras variables**

Algunos de los inhibidores derivan de los polímeros estructurales: celulosa, hemicelulosa y lignina según Sjulander et al<sup>24</sup>, estos tienen influencia negativa en la hidrólisis enzimática y la fermentación de hidrolizados lignocelulósicos, así mismo, la toxicidad de cada inhibidor depende de sus propiedades químicas y físicas. Otro grupo de inhibidores son los metales como el cobre, el níquel, el cromo y el hierro, estos se originan en el pretratamiento<sup>24</sup>.

### **2.1.4 Muerte celular programada, mecanismo de ingreso del ácido acético y mecanismos de protección celular de *Saccharomyces cerevisiae***

La muerte celular programada (MCP) es un suicidio celular altamente coordinado, según Valentí et al<sup>25</sup> es muy importante para el mantenimiento de la función de la levadura, por lo general *Saccharomyces cerevisiae* sufre de MCP por estímulos internos y externos, incluidos procesos de estrés con ácido acético; sin embargo, Ludovico P et al<sup>26</sup>, comentan que los procesos de muerte de las células de levadura están lejos de aclararse por ende es necesario asemejar los patrones característicos de muerte celular en la levadura para aportar conocimiento e hipótesis para futuras investigaciones.

De igual manera Quirós et al<sup>10</sup> y Gonzalez-Ramos<sup>15</sup>, describen como el ácido acético es capaz de ingresar a la levadura e inhibir el crecimiento, este mecanismo de ingreso depende del pKa del ácido acético y del pH, cuando los valores de pH están bajos, aumentan la toxicidad del ácido acético, su pKa es de 4,76 a 25° C; cuando el pH del medio es menor al valor de pKa el ácido acético adquiere una forma protonada por la cual es capaz de entrar a la levadura a través de la membrana por difusión pasiva simple<sup>20</sup>, que según Vasserot et al<sup>22</sup>,

está mediado por el canal abierto del glicerol FPS1 de la membrana plasmática, este canal puede ser reprimido por altas concentraciones de glucosa que no permiten que la levadura adquiera una tolerancia al ácido acético.

En el citoplasma de pH neutro el ácido acético se disocia como anión acetato y un protón, éstos acidifican la levadura. El anión es capaz de acumularse en la levadura alcanzando concentraciones tóxicas que inhiben las funciones metabólicas de la levadura<sup>21</sup>; además Swinnen et al <sup>17</sup> mencionan que la acumulación de protones durante el estrés ácido disminuye la síntesis de ADN y ARN, la actividad metabólica y la degradación de los canales electroquímicos de protones; mientras que la acumulación de aniones produce estrés oxidativo.

La respuesta que tiene la levadura frente al estímulo anteriormente mencionado<sup>18, 27</sup> es liberar protones H<sup>+</sup> a través de la membrana, esta liberación de protones es dependiente de ATP<sup>28</sup>, específicamente la enzima ATPasa de plasma bombea los protones fuera de la célula usando ATP, lo que provoca que la demanda de ATP sea mayor para la liberación de protones y menor para el crecimiento de la levadura, por lo cual se perjudican las funciones metabólicas esenciales de la levadura; además, el estrés causado por el ácido acético activa a HOG1, que provoca endocitosis y la degradación del canal FPS1<sup>28</sup>.

La acidificación intracelular causada por ácido acético es capaz de producir ROS, citocromo C y caspasas que son las responsables de la muerte celular programada en la levadura<sup>27, 29</sup>; inicialmente se presenta una pérdida de la función e integridad de la membrana celular, además, los ácidos débiles activan la producción endógena de radicales libres de superóxido en la cual se afecta la cadena respiratoria mitocondrial de la levadura<sup>18</sup>. Por lo general cuando se adiciona ácido acético a los cultivos, se presenta un nivel de oxidación intracelular (LIO) que disminuye gradualmente cuando la levadura está en una fase de retraso o adaptación del crecimiento<sup>18</sup>.

### **2.1.5 Aplicaciones industriales de *Saccharomyces cerevisiae***

En Brasil según el estudio de Bianca et al <sup>19</sup> Y Beato et al <sup>20</sup> la levadura *Saccharomyces*

*cerevisiae* es utilizada para la producción de combustible de primera generación a gran escala a partir de caña de azúcar o materias primas de melaza, en estos procesos las condiciones de asepsia son bajas y se encuentran diferentes factores que pueden afectar el crecimiento de la levadura como, altas concentraciones de azúcar, sal, etanol y estrés por calor.

Para el desarrollo de sociedades sostenibles, Guo et al <sup>16</sup> proponen el uso de biocombustible y la producción de químicos a partir de lignocelulosa, uno de los obstáculos para tal transformación es que los compuestos inhibidores formados en los procesos de fermentación limitan la actividad de biocatalizadores como microorganismos y enzimas, es común la presencia del ácido acético ya que se forma por la desacetilación de la hemicelulosa y uno de los mecanismo de inhibición del crecimiento de este ácido está ligado con el aumento en el gasto de energía por lo cual la formación de biomasa disminuye debido a la disminución de la producción de ATP.

Además, la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se utiliza ampliamente como fábrica de células para la producción de biocombustibles y bioquímicos según lo que describen Zhang M. et al<sup>30</sup>; esta levadura depende de diversas condiciones adversas durante los usos industriales; una mejora de la tolerancia de la levadura beneficiaria a la producción industrial, haciéndola más eficiente<sup>30</sup>. Sin embargo, durante el proceso de descomposición de las materias primas lignocelulósicas para obtener azúcares fermentables pueden liberarse varios inhibidores como el ácido acético.

La tolerancia al ácido acético por parte de la levadura es importante para las diferentes aplicaciones industriales de *Saccharomyces cerevisiae*, pero es una característica fenotípica que puede o no estar presente en la levadura, por ende la mejora de una cepa de levadura es tan compleja <sup>31</sup>; cuando se pone la levadura a diferentes concentraciones de ácido acético se observa una prolongación significativa de la fase de retraso, esta prolongación se da porque solo una parte de las levaduras son capaces de reanudar el crecimiento, y esto depende directamente de la concentración de ácido acético y del origen de la cepa, mientras más heterogénea la población de las células, más probabilidades hay de que crezca en ese medio.

### **2.1.6 *Saccharomyces cerevisiae* en salud publica**

*Saccharomyces cerevisiae* era considerada como una levadura inocua según Bouza et al <sup>32</sup>, ya que es microbiota habitual de la mucosa del tracto gastrointestinal y respiratorio, es utilizada en procesos de la elaboración del pan, vino y cervezas; además, se utiliza como probiótico en las infecciones de *Clostridium difficile*.

Cuando se presenta infección por *S. cerevisiae*, las vías de acceso son los catéteres y vías vasculares, y en su mayoría las infecciones de *S. cerevisiae* son de tipo nosocomial <sup>32</sup>, comentan Romanio et al <sup>33</sup> que la contaminación puede venir de trabajadores de la salud que manipulan el medicamento con o sin guantes, por la vía aérea, ya que las cepas viables se pueden detectar hasta un metro de distancia del sitio de manipulación y persisten en la superficie después de dos horas.

La infección cuando es sistémica según Bouza et al <sup>32</sup>, por lo general se produce en muy pocas ocasiones y casi que no tiene relación entre sí, suceden como pequeños brotes en paciente neutropénicos o en enfermos con otros problemas de base (por lo general en pacientes de la unidad de cuidados intensivos); además, *Saccharomyces cerevisiae* ha sido relacionado con la enfermedad de Crohn debido a la presencia de anticuerpos frente a dicho microorganismo, que se encuentran con frecuencia en pacientes que presentan la enfermedad de Crohn <sup>32</sup>. Existen pocas descripciones de fungemia por *Saccharomyces cerevisiae* en pacientes sanos, y el principal factor de riesgo es el uso de probióticos por parte del paciente <sup>33</sup>. Es de resaltar que no se encuentran reportes de infección con esta levadura en Colombia.

## **2.2 El aprendizaje**

Para abordar una fase del crecimiento descrito en la sección anterior recurrimos a la comprensión de la función exponencial.

Las funciones exponenciales, descritas por Vargas <sup>34</sup> son funciones de la forma  $f(x)=b^x$ , siendo  $b$  una constante y  $x$  la variable independiente, en esta función la base siempre debe ser positiva y distinta de 1 ( $b>0$ ,  $b \neq 1$ ). En estas funciones se observa que la variable independiente tiene comportamiento aritmético (cada término se obtiene sumando al anterior un número fijo

llamado diferencia de la progresión) y la variable dependiente tiene comportamiento geométrico (se puede examinar una sucesión en la que cada término se obtiene multiplicando al anterior por una cantidad fija  $r$ , llamada razón) <sup>34</sup>.

La función exponencial  $(x) = b^x$  tiene dominio  $\mathbb{R}$  y rango  $(0, \infty)$  y todas las gráficas pasan por el punto  $(0,1)$ , independientemente del valor de la base. La base puede tomar alguna de las dos siguientes opciones, si el valor de la base es mayor que 1 ( $b > 1$ ), las funciones serán crecientes <sup>34</sup>; pero si el valor de la base mayor que cero, pero menor que 1 ( $0 < b < 1$ ), la función será decrecientes <sup>34</sup>.

Las características de las funciones exponenciales mencionadas por Vargas <sup>34</sup>, permiten hablar de tres aspectos: estudio del cambio a través de diferencias y cocientes; vínculo entre la progresión aritmética y geométrica.; razón de cambio promedio.

### **2.2.1 Cuarta revolución industrial**

En pleno XXI, los países desarrollados están inmersos en la cuarta revolución industrial, por lo cual, cabe aclarar que en la primera revolución se hizo énfasis en el uso de la energía del agua y del vapor para mecanizar la producción; en la segunda revolución, se utilizó la electricidad para crear producción en masa y generar la división del trabajo; en la tercera revolución se usa la tecnología de la información para aumentar la producción. A inicios de este siglo nace la cuarta revolución, esta es digital y se caracteriza por la fusión de tecnologías descrita por Echeverría et al <sup>35</sup>, que hace una conexión especial entre las esferas físicas, digitales y biológicas; en esta cuarta las personas somos la piedra angular de esta gran transformación.

Esta revolución se diferencia de las anteriores por la complejidad, velocidad, magnitud, profundidad e impacto de las transformaciones, por ejemplo, las estrategias de la realidad virtual ya se están utilizando en las ciencias naturales como la biología, anatomía, geología y astronomía para permitir a los estudiantes interactuar con entornos y objetos con los que es difícil interactuar en la realidad <sup>35</sup>. La recreación de mundos pasados y mundos ficticios será igualmente popular para los estudios de artes y otras ciencias <sup>36</sup>. Se sospecha que la cuarta

revolución industrial tendrá un impacto directo sobre las personas, siendo la cuarta revolución industrial un potenciador de los talentos y formación de las personas <sup>35</sup>.

El estudio de algunos aspectos de la cuarta revolución industrial y el aprendizaje plantea preguntas que se considera importante resaltar, tales como ¿están los estudiantes del siglo XXI aptos para el sistema educativo presente? Dado que esta generación del XXI ha crecido rodeada de tecnología como lo describe Prensky <sup>37</sup>, usando computadoras, videojuegos, reproductores de música digital, cámaras de video, tabletas, celulares, entre otros., y esto hace que ellos piensen y procesen la información de manera diferente (no mejor ni peor) a las generaciones pasadas, por ello son llamados nativos digitales como lo mencionan Sánchez A et al<sup>38</sup>, comentan que los nativos digitales trabajan con medio informáticos de forma natural y rápida, pero menciona Gutiérrez N et al<sup>39</sup> que los inmigrantes digitales son descritos como obsoletos, debido a que se les dificulta aprender el lenguaje digital.

Los antecesores de los nativos digitales son inmigrantes digitales, -no logran adaptarse a cambios bruscos en el trabajo virtual y se hace necesario conservar aspectos de la educación presencial. Así, en ocasiones se asume que los métodos usados anteriormente aún son eficaces para el aprendizaje que utilizaron con los inmigrantes por ello hay investigadores que estudian si aún estas metodologías son válidas o de qué manera acomodarla a los estudiantes contemporáneos; tanto en comunicación como en herramientas de aprendizaje<sup>37</sup>.

### **2.2.2 Aplicaciones de la cuarta revolución industrial a la educación**

Uno de los más importantes retos a los que se enfrentan las universidades según Echeverría et al <sup>35</sup>, es la actualización y las mejoras de las competencias de cada vez mayor número de personas y esto generará un cambio importante en la formación de jóvenes estudiantes, provenientes de diferentes colegios. Un medio para responder a los retos universitarios va a ser las tecnologías digitales, que brindan nuevas posibilidades con respecto a dónde, cómo y cuándo aprender y enseñar <sup>36</sup>. Siendo estas una gran ayuda al proceso de apoyo para el aprendizaje y la enseñanza desde su utilización en el aula, como herramienta clave, hasta el aprendizaje en línea llevado a cabo mediante tecnología digital.

En esta era digital se tienen muchas áreas por explorar a través del aprendizaje como la



inteligencia artificial, aprendizaje automático, robótica, nanotecnología, impresión 3D, genética y biotecnología, entre otros., por lo cual la educación y las personas necesitan estar en adaptación continua, y esto a su vez generará un cambio en los retos planteados a nivel individual y colectivo de las personas, con los nuevos retos que propone esta cuarta revolución industrial y la innovación tecnológica <sup>35</sup>; uno de los retos más importantes en la educación es actualizar y mejorar las competencias de las personas, y esto hace que se deba cambiar la forma tradicional de aprendizaje de los estudiantes.

Por lo anteriormente mencionado es que la cuarta revolución industrial está generando la interconexión de millones de consumidores, máquinas, productos y servicios, y gracias a esto aparece el aprendizaje en red, que habla sobre las conexiones tecnológicas y humanas que los estudiantes pueden realizar en ambientes de estudio altamente tecnologizados, y aunque este aprendizaje no es nuevo ya que las conexiones para aprender provienen de tiempo atrás, pero con la presencia del internet estas conexiones lograron hacerse más visibles; es por esto, que Escudero <sup>40</sup>, propone un método de investigación para el estudio de este tipo de aprendizaje

La teoría actor- red <sup>40</sup> tiene como principios que la sociedad no existe en sí misma, sino que es un movimiento, un proceso de ensamblado en el cual están en contacto con múltiples elemento humanos y no humanos, para que esta red se potente, se debe garantizar la persistencia de sus elementos; además todas las asociaciones entre elementos humanos y no humanos no son necesariamente formadas por las personas, entonces cuando el aprendizaje en red está fortalecido y muestra resultados innovadores, es capaz de ensamblarse con otras redes y puede perdurar en el tiempo<sup>40</sup>.

Gracias a la teoría actor-red como una propuesta aparece la educación 4.0 como lo describe Alanís et al <sup>41</sup>; si bien la Educación 4.0 debe de estar presente en todos los niveles, es importante enfocar la transformación en la educación básica, ya que se busca impulsar el talento individual y colaborativo; las comunidades de aprendizaje nacen en entornos de aprendizaje socio constructivista donde los estudiantes trabajan juntos, usando una variedad de instrumentos y recursos informativos que permitan la búsqueda de los objetivos de aprendizaje y actividades para la solución de problemas <sup>41</sup>; en esta educación se observan diferentes enfoques que ayudan en el proceso de aprendizaje, el primero es el enfoque

constructivista, que determina la organización del aprendizaje desde la perspectiva del estudiante; el enfoque social, que pone las condiciones de interacción entre grupo, para generar más ideas y opiniones; y el enfoque interactivo, en el cual se desea el uso de la mayor cantidad de herramientas que ayuden al aprendizaje en grupo y un mejor conocimiento <sup>41</sup>.

### **2.2.3 Aprendizaje colaborativo**

Si bien para algunas organizaciones y grupos poblacionales se presenta más alejada la opción de convivir con estos entornos virtuales, a través herramientas virtuales se puede iniciar un acercamiento y hacer uso de lo que se conoce como aprendizaje colaborativo, ya que esta “colaboración” surgió como una propuesta de enseñanza- aprendizaje basada en los conceptos de cooperación, comunicación, trabajo en equipo y responsabilidad. El trabajo en equipo y la cooperación son fundamentales en este aprendizaje, debido a que fomentan la discusión de problemáticas o temas que se plantean, y así se estimula la toma de decisiones en conjunto como lo describe Carrio-Pastor <sup>43</sup>; agrega Calzadilla <sup>44</sup>, que la colaboración permite establecer metas grupales, y estas metas son evaluadas mediante el avance en la investigación a nivel grupal e individual y esta evaluación permiten a cada integrante recibir retroalimentación y conocer mejor su estilo de aprendizaje, lo que facilita la aplicación de estrategias para optimizar el rendimiento en el aprendizaje colaborativo.

El enfoque colaborativo destinado al aprendizaje se puede plantear desde dos modalidades como lo menciona Carrio-Pastor <sup>43</sup> en su estudio, en la primera se habla de la colaboración entre varios profesores para ofrecer herramientas de trabajo a sus estudiantes para que se tenga una visión multidisciplinaria de los concepto a impartir, con la finalidad de apreciar los diferentes puntos de vista y como una enseñanza colaborativa; la segunda es que los estudiantes apliquen los conocimientos en un trabajo en equipo para solucionar trabajos y el profesor actúa como coordinador del proceso, interviniendo para que todos los grupos colaboren de igual forma y solucionar las posibles preguntas que puedan surgir, en esta es característico que no se les enseñan al grupo los principios para llegar a las conclusiones, en lugar de eso cada estudiante parte de sus conocimientos y del aprendizaje individual, de esta manera se aprende a buscar información, compartirla y comunicarse, colaborando con otros compañeros <sup>43</sup>.

La sociedad actual requiere una preparación en conocimiento y en ejecución y aplicación de las nuevas tecnologías a través de las habilidades del liderazgo compartido, es decir, iniciativa propia que se comparte con el grupo para poder tomar decisiones que conlleven el asentimiento general y a la organización del trabajo, aunque hoy en día el conocimiento se adquiere de forma individual <sup>43</sup>, fácil y rápida, siendo el reto del siglo XXI tener más acceso a la información que los demás, estas tecnologías han destruido los lazos entre la colaboración y el esfuerzo grupal, y fortaleciendo el individualismo y el egocentrismo de las personas <sup>43</sup>.

Como un método de fortalecer el aprendizaje colaborativo Willcox et al <sup>36</sup> proponen los juegos, debido a que los juegos educativos son y serán un área importante del aprendizaje digital. Hoy en día, la investigación y el desarrollo de juegos educativos incorporan principios importantes como el aprendizaje colaborativo, el andamiaje y el conocimiento construido socialmente y una conexión con la realidad virtual. A medida que el acceso a Internet se globalizó, el aprendizaje en línea comenzó a convertirse en una realidad, permitiendo así capacitarse y formarse, por lo cual hoy en día muchas universidades y empresas con y sin fines de lucro crearon programas de aprendizaje en línea, para fomentar el uso de las nuevas tecnologías <sup>36</sup>.

Las nuevas tecnologías harán cada vez más delgada la línea entre la educación formal en el aula y el aprendizaje individual como los menciona Stanford <sup>45</sup>, un claro ejemplo son los sistemas de aprendizaje colaborativo, que se convertirán en una parte central del proceso de enseñanza en la educación superior, eso no quiere decir que la educación formal desaparecerá, pero la educación en línea se convertirán en parte del aprendizaje en todos los niveles, desde jardín hasta la universidad, en una experiencia combinada en el aula; y eso a su vez facilitará el uso de enfoques de aprendizaje más personalizables, que hace que los estudiantes pueden aprender a su propio ritmo utilizando técnicas educativas que funcionen mejor para ellos, como los textos digitales, videos, formatos de audio, entre otros.

Algunas herramientas para el aprendizaje colaborativo son Padlet, Genially, TEAMS y GeoGebra. Padlet es una herramienta interactiva que permite crear tableros colaborativos y archivos multimedia como imágenes, videos, audios, entre otros<sup>46</sup>. Donde es importante tener

lectura previa para obtener ideas claves para la organización de la información y facilitar su entendimiento; además, esta herramienta tiene la opción de compartir el Padlet permitiendo únicamente su visualización o la posibilidad de editar o añadir información.

Referente a la aplicación Genially, es una plataforma que permite crear ayudas visuales interactivas como, juegos, diapositivas, posters e imágenes; esta herramienta al igual que Padlet puede ser compartida para editar en grupo<sup>47</sup>; al registrarse en Genially la plataforma ofrece cursos y webinars para capacitar constantemente a las personas, además de tener un foro con preguntas frecuentes para facilitar el uso de la herramienta.

En lo referente a TEAMS<sup>48</sup>, es el área de trabajo en equipo de Microsoft 365 que integra usuarios, contenido y herramientas para mejorar el compromiso y la eficacia. Esta plataforma permite a través del móvil o PC, reunir al equipo, usar el chat para evitar la conexión vía email, editar archivos, realizar grabaciones, hacer menciones en el grupo y respuestas directas, agregar al equipo notas, sitios web y aplicaciones.

GeoGebra<sup>49</sup> es un software de matemáticas que abarca características de geometría, álgebra, estadística y cálculo en registros gráficos, de análisis y de organización en hojas de cálculo. Permiten la interactividad; conectando a su vez lo experimental y lo conceptual para tener una experiencia didáctica y disciplinar que cruza matemática, ciencias, ingeniería y tecnología.

#### **2.2.4 Desventajas de la cuarta revolución industrial**

Todos los cambios que ha traído la cuarta revolución industrial también traen consigo problemas humanos y sociales, estos llevan a una necesidad de prevención y asesoramiento para evitar riesgos y efectos negativos del impacto tecnológico en la eficacia de las empresas y necesidades psicosociales de los trabajadores y estudiantes <sup>50</sup>. La introducción de algunas herramientas tecnológicas ha ocasionado daños en la salud de las personas como, problemas musculares, dolores de cabeza, fatiga mental y física, ansiedad, temor y aburrimiento <sup>50</sup>. Teniendo claro todo lo mencionado anteriormente, es importante destacar el término "tecnoestrés" que es el estrés derivado de la introducción de nuevas tecnologías en el trabajo, y su difícil proceso de adaptación <sup>50</sup>.

Salanova <sup>50</sup>, se refiere al término tecnoestrés cuando se habla de los efectos negativos del uso de las herramientas tecnológicas y estos deben de estar acompañados de las creencias en las propias capacidades y competencias para afrontar con éxito el cambio tecnológico, que ocasiona como tal el estrés. Del tecnoestrés derivan otros términos afines<sup>50</sup> como, el síndrome de Fatiga Informativa, que viene de la sobrecarga informativa y la falta de capacidad de poder estructurar y asimilar la información al usar el internet, causando así una fatiga mental; la Tecnoadicción, es el uso incontrolable y compulsivo del uso de las herramientas tecnológicas en todo momento y en cualquier lugar, además de ser usadas por periodos muy prolongados de tiempo; y la Tecnofobia, es el miedo y ansiedad al uso de las herramientas tecnológicas, sería como tal el grupo que no se ha adaptado a los cambios que trae la revolución industrial <sup>50</sup>.

Además de los problemas psicológicos, la cuarta revolución industrial no solo está cambiando lo que hacemos, sino quiénes somos, como lo describe Schwab <sup>51</sup>, generando así un impacto múltiple que causa miedo, emoción y como tal afecta nuestra identidad, en el sentido de la privacidad de la propiedad, hábitos de consumo, el tiempo de dedicación a recreación, trabajo y cómo se cultivan las destrezas de cada persona, a su vez influirá en cómo es el comportamiento frente a la sociedad, como conocer a la gente y como mantener relaciones de las que dependemos y finalmente a la salud. Probablemente esta revolución lleve a muchas personas a cuestionarse sobre la naturaleza misma de la existencia humana, y esto es impulsado por los medios digitales, debido a que llevan a analizar el aspecto individual, en lugar de fomentar el espacio en comunidad <sup>51</sup>. De igual manera debe realizarse un proceso de adaptación, y aun así se podría presentar un dualismo en el que estén presentes actores que se adaptan a estos cambios y los que se resisten.

Además de las desventajas ya mencionadas, describe Dorna <sup>52</sup> que, en esta revolución se encuentran dificultades de adaptación de las pequeñas y medianas empresas por la falta de personal cualificado, la obsolescencia tecnológica y la pérdida de puestos de trabajo tradicionales. Algo muy característico de esta revolución es la posible sustitución de los seres humanos por las máquinas en algunos puestos de trabajo y nuevos retos de educación, como adaptarse a los diferentes entornos virtuales y uso de herramientas tecnológicas <sup>52</sup>. Con este rápido avance se cree que esta nueva era digital producirá un impacto en la salud en el trabajo

y en las aulas, creándose nuevos riesgos especialmente los psicológicos por el cambio tan veloz de lo tradicional a lo innovador <sup>52</sup>.

Específicamente sobre las desventajas en la educación con la cuarta revolución industrial, describe Rejen <sup>53</sup>, que los sistemas actuales de educación deben preparar y equipar a los trabajadores y estudiantes de la manera adecuada, pero se enfatiza en la búsqueda de hacer que las habilidades de navegación sean parte de sus culturas organizacionales, creando una disrupción social que avanza cada vez más rápido para adaptarse al cambio de la cuarta revolución, y a su vez en el aprendizaje, debido a que ya no se trata acerca de educación formal, sino que ahora se trata de un proceso continuo de adquirir nuevas habilidades y nuevos conocimientos con el pasar del tiempo, haciendo así que gran cantidad de personas deban capacitarse varias veces en su vida y en algunos casos cambiar de carrera y aprender nuevas habilidades para estar al nivel de la competencia <sup>53</sup>.

En la innovación disruptiva o disrupción social, como la describe Xu et al <sup>54</sup>, se abre paso en la educación superior en la que redefine las formas convencionales en que las universidades entregan su contenido a los estudiantes. Surgen nuevos modos de currículo y enseñanza, y el enfoque cambia de los modos de enseñar a los modos de aprendizaje. Por otro lado, en los países en desarrollo se presenta una gran desventaja en relación a los países desarrollados frente a la educación que se necesita para afrontar esta cuarta revolución según lo descrito por Román <sup>55</sup>, debido a que se presenta cierta escasez en la preparación de profesionales altamente cualificados en el área de la informática y tecnología, por lo que se debe realizar un ajuste, para un mejor aprovechamiento de las herramientas digitales disponibles en esta nueva era en los países en desarrollo.

Para puntualizar, en Colombia como comenta Castillo et al <sup>56</sup>; la conciencia que han adquirido diferentes entidades (empresas, universidades, colegios privados, entre otros) acerca de la importancia de la automatización y digitalización de los procesos productivos para mejorar la competitividad, ha resaltado diferentes desventajas descritas por Castillo et al <sup>56</sup> tales como, mayor tasa de desempleo poblacional, dependencia a la tecnología, dificultad en la adaptación a los nuevos métodos, poco personal capacitado y de mayor costo, el alto grado de transparencia que puede llegar a ciberataques, espionaje y otros desafíos como los derechos de

datos y el acceso.

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

En esta sección se aborda el tipo de investigación, el alcance de la investigación, población, muestra, técnicas y procedimientos utilizadas en este trabajo.

#### **3.1 Tipo de investigación**

El presente trabajo consiste en un ejercicio de indagación documental descriptiva, de carácter cualitativo. Inicia con una revisión bibliográfica sistemática, de los temas relacionados con el fenómeno de crecimiento exponencial de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la posible inhibición del crecimiento por ácido acético. Se relaciona con una línea del semillero de investigación BIOMA's de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, en cuanto a los desarrollos de la cuarta revolución industrial y los estudios de las funciones trascendentes.

#### **3.2 Alcance de la investigación**

El alcance de la presente investigación abarca los ámbitos exploratorios, explicativos y descriptivos sin intervenir en acciones de carácter experimental, logrando el estudio sistemático relativo a algunos procesos de estudio y comprensión de fenómenos exponenciales, usando herramientas de la tecnología del conocimiento para el caso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en procesos industriales.

#### **3.3 Población y muestra**

La muestra es documental, y la población objeto de estudio es *Saccharomyces cerevisiae*.

Los aportes con material visual están dirigidos para la comprensión del fenómeno por estudiantes de primeros y últimos semestres. Se centra en la selección de tres tipos de información:

- A. Relativa a procesos de fermentación donde esté involucrada la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.
- B. Estudio de las funciones trascendentes.



C. Concerniente a herramientas de la tecnología del conocimiento y el aprendizaje.

Para el desarrollo de la presente investigación se hace uso de artículos científicos, revistas indexadas y libros que abarcan temas concernientes a procesos de fermentación donde esté involucrada la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y crecimiento de microorganismos, al igual que para el aprendizaje colaborativo, las funciones exponenciales y la cuarta revolución industrial en la educación.

### **3.4 Técnicas y procedimientos**

#### **3.4.1 Revisión de antecedentes**

En este paso se busca información relacionada con el crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, la inhibición del crecimiento de la levadura por el ácido acético.

Así mismo, se obtiene información concerniente a aspectos relevantes de la cuarta revolución industria, el aprendizaje colaborativo, y las dificultades en el aprendizaje de las funciones exponenciales, para esto se realizó una búsqueda sistemática teniendo en cuenta los temas a tratar, en libros y revistas indexadas.

#### **3.4.2 Selección y clasificación del material bibliográfico de acuerdo con la temática**

Después de realizar las lecturas de los documentos seleccionados, se establecen diez categorías de clasificación de la información. Seis de las diez categorías corresponden al crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*; cuatro de las diez categorías corresponden al aprendizaje. También se selecciona representaciones gráficas, tabulares y simbólicas, que permitan comprender las fases del crecimiento.

Por otro lado, se seleccionan documentos que cumpla la condición de tener una revisión sobre las dificultades de aprendizaje de las funciones exponenciales. Partiendo de intereses final del trabajo se eligió documentación relacionados con la educación y la cuarta revolución industrial.

### **3.4.3 Organizar el documento de forma lógica**

Desarrollar una descripción detallada de algunos momentos de esta investigación. Entre ellos las fases del crecimiento de la levadura, el mecanismo de inhibición del ácido acético en el crecimiento de la levadura.

Dar cuenta de la indagación sobre la cuarta revolución industria en conjunto con el aprendizaje colaborativo, haciendo análisis de la información; teniendo en cuenta las coincidencias y las diferentes que se presentan en los diferentes documentos revisados.

### **3.4.4 Establecer aportes con la información obtenida**

Hacer uso de ayudas audiovisuales para explicar conceptos como, función exponencial, variables, variación geométrica, variación aritmética, cociente, diferencias y cambio de razón promedio. En donde se evidencie un modelo teórico del crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y a través de este facilite la comprensión de fenómenos de crecimiento y fenómenos exponenciales.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Revisión de antecedentes**

En cuanto a resultados concernientes a esta investigación, en primer lugar, se presenta en el marco teórico la clasificación de la información referida al crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y el aprendizaje.

Se revisaron 60 documentos, de los cuales el 78% corresponde a bases de datos digitales asociadas a ELSEVIER, Fem Yeast Research, Apertura, Dialnet, SciELO, Redalyc y Researchgate; 2% a informes; y el 7% a tesis. Lo anteriormente mencionado corresponde a la información sobre la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en procesos de fermentación, inhibición del crecimiento de la levadura por el ácido acético, aprendizaje colaborativo y temas relacionados con la cuarta revolución industrial.

Sobre la búsqueda de libros corresponde al 7% del total de documentos revisados, estos libros abarcan temas sobre el crecimiento de microorganismos y función exponencial. Además, se hizo uso de información de páginas web, que corresponde al 6% del total de documento revisados. Estas páginas ayudaron con la descripción de herramientas como Genially, Padlet, GeoGebra y TEAMS.

Obteniendo la división de las distintas fuentes para temas del crecimiento de microorganismos y de aprendizaje, como se muestra a continuación en la Figura 1.

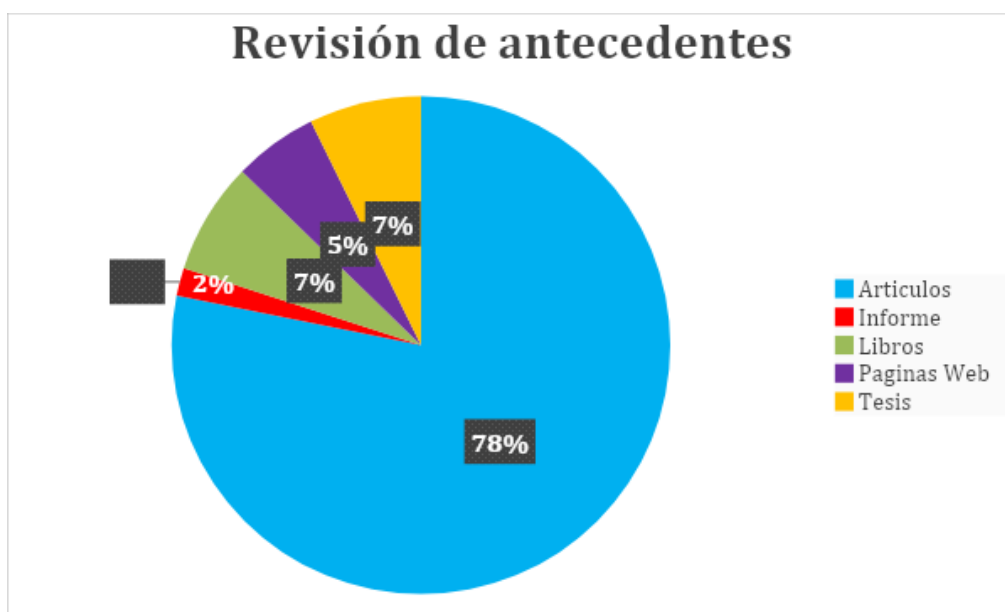


Figura 1. Búsqueda de información sistemática

#### 4.2 Selección del material bibliográfico de acuerdo con la temática

La clasificación de los documentos que se seleccionaron para estudiar el crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, se presenta a continuación:

Tabla 1. Categorías de análisis de la revisión documental

	Categorías de análisis	
Características del crecimiento de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1	Crecimiento microbiano
	2	Fases de crecimiento de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en fermentaciones viníferas
	3	Variables que afectan el crecimiento
	4	Muerte celular programada, mecanismo de ingreso del ácido acético y mecanismos de protección celular de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
	5	Aplicaciones industriales de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
	6	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> en salud pública

Es la siguiente tabla se encuentra la clasificación de documentación que vincula el aprendizaje y las herramientas tecnológicas actuales:

	Categorías de análisis	
El aprendizaje	1	Cuarta revolución industrial
	2	Aplicaciones de la cuarta revolución industrial a la educación
	3	Aprendizaje colaborativo
	4	Desventajas de la cuarta revolución industrial

### 4.3 Organización lógica del documento

A continuación, se presenta en la Tabla 2 el material documental seleccionado según la categoría de análisis, teniendo como propiedades: título, autores y tipo de documento.

Tabla 2. Material documental seleccionado referente a “Características del crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*”

Categorías de análisis: Crecimiento microbiano

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> cell cycle	Hartwell LH	1974	Artículo
LABORATORY EXERCISES IN MICROBIOLOGY, THIRD EDITION	Pollack A., Findlay L., Mondschein W., Modesto R	2009	Libro
Microbiología	Alterthum A	2015	Libro

Categorías de análisis: Fases de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en fermentaciones viníferas

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> Exponential Growth Kinetics in Batch Culture to Analyze Respiratory and Fermentative Metabolism.	Olivares K, González-Hernández C, Regalado C, Madrigal A.	2018	Artículo
Metabolic flux analysis during the exponential growth phase of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> in wine fermentations.	Quirós M, Martínez-Moreno R, Albiol J, Morales P, Vázquez-Lima F, Barreiro-Vázquez A,	2013	Artículo

	Ferrer P		
EVALUACIÓN Y ESCALAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LEVADURAS NATIVAS TIPO <i>Saccharomyces</i> spp. A NIVEL DE LABORATORIO	Durango L	2007	Tesis
The metabolic profile of lag and exponential phases of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> growth changes continuously	Bento R, Rendas M, Semedo V, Bernardes C, Piedade M, Antunes F.	2016	Articulo
Producción de biocombustibles utilizando <i>Spirulina</i> sp como fuente de carbono	Rocha J	2011	Tesis

Categorías de análisis: Variables que afectan el crecimiento

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
Analysis of the response of the cell membrane of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> during the detoxification of common lignocellulosic inhibitors.	López, P.C., Peng, C., Arneborg, N.	2021	Articulo
A new laboratory evolution approach to select for constitutive acetic acid tolerance in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> and identification of causal mutations.	González-Ramos D, Gorter AR, Grijseels SS, van Berkum MC, Swinnen S, Broek M	2016	Articulo
Physiological response of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> to weak acids present in lignocellulosic hydrolysate.	Guo Z, Olsson L.	2014	Articulo
The fraction of cells that resume growth after acetic acid addition is a strain-dependent parameter of acetic acid tolerance in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . F	Swinnen S, Fernández-Niño M, González-Ramos D, Maris A, Nevoigt E.	2014	Articulo
Elucidating cellular mechanisms of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> tolerant to combined lignocellulosic-derived inhibitors using high-throughput phenotyping and multiomics analyses.	Unrean P, Gätgens J, Klein B, Noack S, Champreda V.	2018	Articulo
Physiology of the fuel ethanol strain <i>Saccharomyces cerevisiae</i> PE-2 at low pH indicates a contextdependent performance	Della-Bianca B, Hulster E, Pronk J, Maris A, Gombert A.	2014	Articulo

relevant for industrial applications.			
Physiology of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> strains isolated from Brazilian biomes: new insights into biodiversity and industrial applications.	Beato F, Bergdahl B, Rosa C, Forster J, Gombert A	2016	Articulo
Genome-wide expression analyses: Metabolic adaptation of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> to high sugar stress.	Erasmus D, Merwe G, Vuuren H	2003	Articulo
Acetic acid removal by <i>Saccharomyces cerevisiae</i> during fermentation in oenological conditions.	Vasserot Y, Mornet F, Jeandet P.	2010	Articulo
Metabolic flux analysis of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> in a sealed winemaking fermentation system.	Li H, Su J, W Ma, Guo A, Shan Z, Wang H.	2015	Articulo
Origin, Impact and Control of Lignocellulosic Inhibitors in Bioethanol Production—A Review	Sjulander N, Kikas T.	2020	Articulo

Categoría de análisis: Muerte celular programada, mecanismo de ingreso del ácido acético y mecanismos de protección celular de *Saccharomyces cerevisiae*

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
A transient proteasome activation is needed for acetic acid-induced programmed cell death to occur in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	Valenti D, Vacca R, Guaragnella N, Passarella S, Marra E, Giannattasio S.	2008	Articulo
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> commits to a programmed cell death process in response to acetic acid.	Ludovico P, Sousa M, Silva M, Leao C, Corte-Real M.	2001	Articulo
Overexpression of RCK1 improves acetic acid tolerance in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	Oh EJ, Wei N, Kawak S, Kim H, Jim Y.	2019	Articulo
Effect of acetic acid and pH on the cofermentation of glucose and xylose to ethanol by a genetically engineered strain of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	Casey E, Sedlak M, Ho N, Mosier N.	2010	Articulo
Physiological responses to acid stress by <i>Saccharomyces cerevisiae</i> when applying high initial cell density.	Guo ZP, Olsson L.	2016	Articulo

Categoría de análisis: Aplicaciones industriales de *Saccharomyces cerevisiae*

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
Enhanced acetic acid stress tolerance and ethanol production in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> by modulating expression of the de novo purine biosynthesis genes.	Zhang M, Xiong L, Tang Y.	2019	Artículo
Identification of novel genes involved in acetic acid tolerance of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> using pooled-segregant RNA sequencing.	Fernández-Niño M, Pulido S, Stefanoska D, Pérez C, González-Ramos D, Maris J, et al.	2018	Artículo

Categoría de análisis: Efectos de *Saccharomyces cerevisiae* en salud pública

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> : el fin de la inocencia.	Bouza E., Muñoz P.	2004	Artículo
SACCHAROMYCES CEREVISIAE FUNGEMIA IN A PEDIATRIC PATIENT AFTER TREATMENT WITH PROBIOTICS.	Romanio M., Coraine L., Maielo V., Abramczyc M., Souza R., Oliveira N.	2017	Artículo

Tabla 3. Material documental seleccionado referente a “El aprendizaje”

Los documentos referenciados que vinculan el aprendizaje y las herramientas tecnológicas son:

Categorías de análisis: Cuarta revolución industrial

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
Enseñanza de la función exponencial: investigación y práctica en el aula de la básica al precálculo en la Universidad.	Vargas J.	2019	Libro
Revolución 4.0, Competencias, Educación y Orientación.	Echeverría B., Martínez P.	2018	Artículo
Online education: A catalyst for Higher Education Reforms.	Willcox E., Sarma, S., Lippel H.	2016	Artículo
Digital Natives, Digital Immigrants Part 1.	Prensky M.	2001	Artículo

Categorías de análisis: Aplicaciones de la cuarta revolución industrial a la educación

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
---------------	----------------	---------------------------	--------------------------



Cerrando la brecha entre nativos e inmigrantes digitales a través de las competencias informáticas e informacionales.	Sánchez E; Castro D.	2013	Artículo
Impacto de las diferencias entre nativos e inmigrantes digitales en la enseñanza en las ciencias de la salud: revisión sistemática.	Gutiérrez N; Prieto C.	2018	Artículo
Redefinición del “aprendizaje en red” en la cuarta revolución industrial.	Escudero A.	2018	Artículo
La transformación de la educación básica en México desde la perspectiva de la Educación 4.0.	Alanís A., Rodríguez J., Gonzalez G.	2019	Artículo

Categorías de análisis: Aprendizaje colaborativo

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
Ventajas del uso de la tecnología en el aprendizaje colaborativo.	Carrio-Pastor M	2007	Artículo
Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación	Calzadilla M	2002	Artículo
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LIFE IN 2030	Stanford University.	2016	Informe
PADLET como aula virtual.	García, G.	2019	Artículo
La comunicación visual interactiva	Genially.	2019	Página Web
Vídeo de aprendizaje de Microsoft Teams	TEAMS.	2021	Página Web
¿Qué es GeoGebra?	GeoGebra	2021	Página Web

Categorías de análisis: Desventajas de la cuarta revolución industrial

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Año de publicación</b>	<b>Tipo de documento</b>
Trabajando con tecnologías y afrontando el tecnoestrés: el rol de las creencias de eficacia.	Salanova M.	2003	Artículo
La cuarta revolución industrial.	Schwab K	2016	Libro
INDUSTRIA 4.0: ¿CÓMO AFECTA LA DIGITALIZACIÓN AL SISTEMA DE PROTECCIÓN SOCIAL?	Dorna E.	2018	Artículo
The Fourth Industrial Revolution is here—are you ready??”.	Rejen P.	2018	Artículo
The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges.	Xu M., David J., Kim S.	2018	Artículo

Industria 4.0: la transformación digital de la industria	Román J.	SF	Informe
La Revolución de la Industria 4.0 en España y su tendencia en Colombia	Castillo D. Cortes D. Yanet C.	2019	Tesis

#### **4.4 Establecer aportes con la información obtenida**

##### **4.4.1 Relativos a los sistemas de representación en los reportes de las fases de crecimiento en los artículos indagados**

En este ítem se presentan figuras extraídas de artículos científicos de revistas indexadas, que evidencian características del crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la influencia que tiene al ácido acético en el crecimiento de la levadura.

En el estudio de Swinnen et al<sup>17</sup>, presentan el efecto del aumento de las concentraciones de ácido acético sobre el crecimiento máximo ( $\mu_{max}$ ) y la fase de latencia de la cepa diploide de *Saccharomyces cerevisiae* CEN.PK, teniendo como antecedentes que el medio contenía concentraciones de ácido acético que crecían al aumentar el tiempo en un rango de 0,97 a 12g/L por 4 días a pH de 4,5. En la figura 1.a, se observa que CEN.PK disminuyó gradualmente de 0,45/h que es la cantidad inicial, a 0,21/h cuando la concentración de ácido acético se incrementó de 0,97 a 9g/L de ácido acético, a concentraciones mayores de 9g/L no se observó crecimiento de la levadura, presentándose una inhibición total del crecimiento a altas concentraciones de ácido acético y disminución del pH<sup>17</sup>. Con respecto a la fase de latencia evidenciada en la figura 1.b, se comenta que la fase de latencia no se afectó hasta que las concentraciones de ácido acético fueron igual o mayores a 4g/L, y un aumento significativo de la fase de latencia se observó a 9g/L con un retraso de 44 horas por el ácido acético.<sup>17</sup>

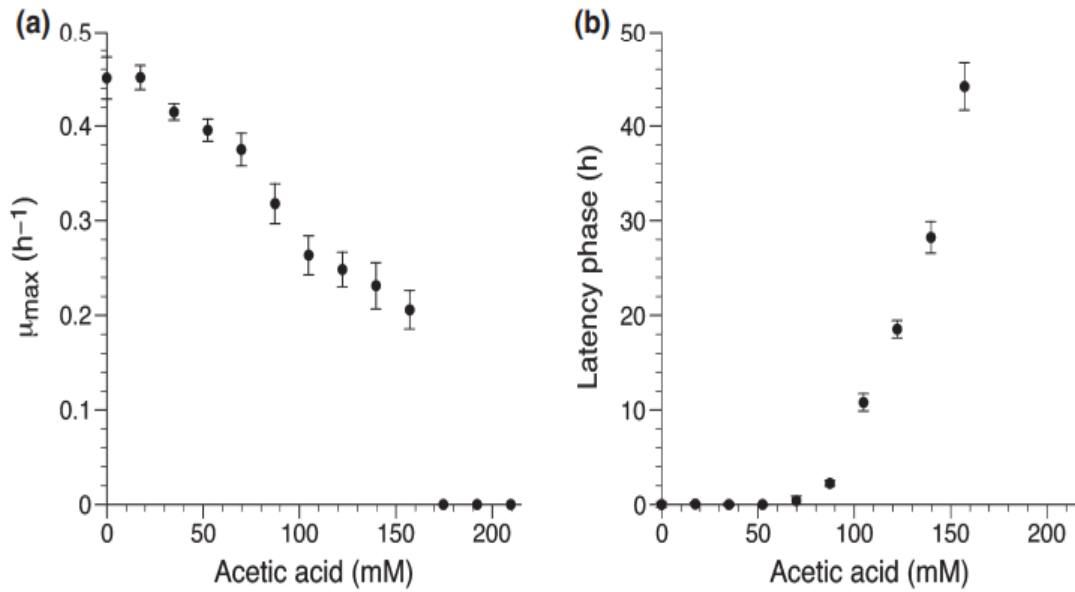
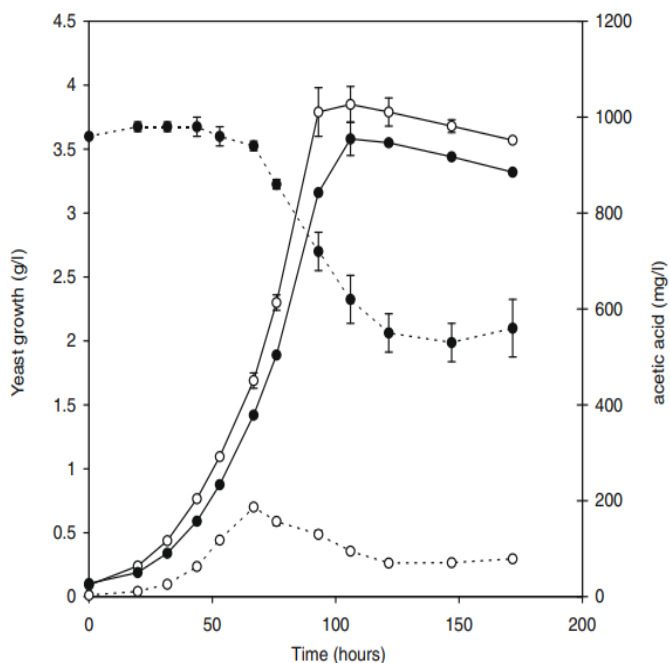


Figura 1. Efecto del aumento de las concentraciones de ácido acético sobre el  $\mu_{max}$  y la fase de latencia de la cepa diploide de *Saccharomyces cerevisiae* CEN.PK<sup>17</sup>.

Vasserot et al<sup>22</sup>, describen que en esta figura se observa que, en el jugo de uva sin la concentración de ácido acético, el crecimiento de la levadura se observa una leve fase de retraso, posteriormente el crecimiento exponencial y después la fase de latencia por el agotamiento de la fuente de carbono en el medio; en el jugo de uva suplementado con ácido acético, igual se observa crecimiento en la levadura, aunque este crecimiento es más lento y en menor cantidad por la cantidad de ácido acético presente en el medio, en esta representación como hay una concentración de ácido acético de 1g/L esta concentración parece permanecer sin cambios hasta la mitad de la fase del crecimiento exponencial de la levadura y luego se observa una disminución pronunciada.



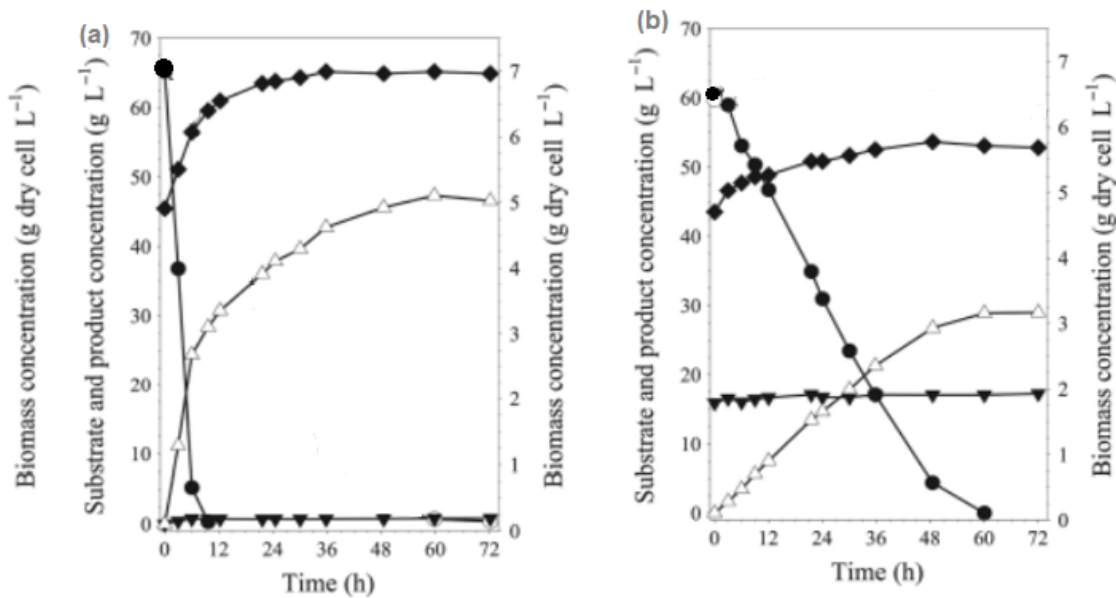
Nota: ○ sin ácido acético; ● con ácido acético; crecimiento de la levadura; ---- concentración de ácido acético

Figura 2. Cinética de crecimiento y variación de la concentración de ácido acético durante la fermentación de *S. cerevisiae*<sup>22</sup>.

En la figura 3.a se estaba evaluando el efecto combinado de la disminución de pH y la presencia de ácido acético, en esta gráfica se presenta un pH de 5 y 0 g/L de ácido acético, se observa un crecimiento normal de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y se confirma que la disminución del pH no tiene relación con la disminución del crecimiento. En la figura 3.b se presenta un pH de 5 y 15 g/L de ácido acético y en comparación con la figura 3.a se puede observar una fase de crecimiento exponencial más corta, es decir se disminuye el crecimiento de la levadura cuando se aumenta la concentración de ácido acético<sup>28</sup>.

Según lo comentado por Casey et al<sup>28</sup>, la alta concentración de células en el momento de la inoculación permite observar un crecimiento celular aumentado, debido a la alta cantidad de células presentes se consume toda la glucosa en el medio, dejando así niveles de nutrientes escasos para el metabolismo y el crecimiento de la levadura, por otro lado la levadura por la escasez de alguna fuente de carbono para la producción de ATP y eliminar el ácido acético de su interior, su crecimiento no aumenta ya que se disminuye la producción de esta energía y el

canal de membrana dependiente de ATP que se encarga de eliminar al ácido acético disociado, no puede funcionar correctamente ocasionando una fase de latencia temprana<sup>28</sup>.



Nota: ●glucosa; ▼ácido acético; Δetanol; ◇ biomasa.

Figura 3. Perfiles de evolución temporal para la cofermentación de glucosa y xilosa por *Saccharomyces cerevisiae* 424A (LNH-ST) en presencia de concentraciones variables de ácido acético y valores de pH<sup>28</sup>.

En de la figura 4.a tenemos un cultivo sin la presencia de ácido acético (control) y en la figura 4.b se adiciono 17g/L de ácido acético, el cultivo se dividió en 4 etapas del crecimiento y a su vez, en 2 fases: I y III fase de retraso, II y IV fases de crecimiento. Inicialmente se agregó 1g de células secas por L, a un medio que contenía 25g/L de glucosa a pH 5.0, posteriormente se añadió al medio ácido acético, observándose que *S. cerevisiae* mostro diferencias en su forma de crecimiento en el medio con ácido acético en comparación con el control<sup>29</sup>, se observa que en el control hay una corta fase de retraso y después la levadura creció inicialmente usando a la glucosa como fuente de carbono y produjo etanol, cuando se agotó la glucosa utilizo al etanol como fuente de carbono para continuar creciendo.

En la levadura expuesta a ácido acético (figura 4.b) presento dos fase de retraso, la primera tuvo un retraso 36 horas (I) en presencia de glucosa y la más prolongada fue de 60 horas (III) en presencia de etanol, y además en comparación con el cultivo control la biomasa disminuye

en presencia de ácido acético, por lo cual se observan dos fases de retraso<sup>29</sup>.

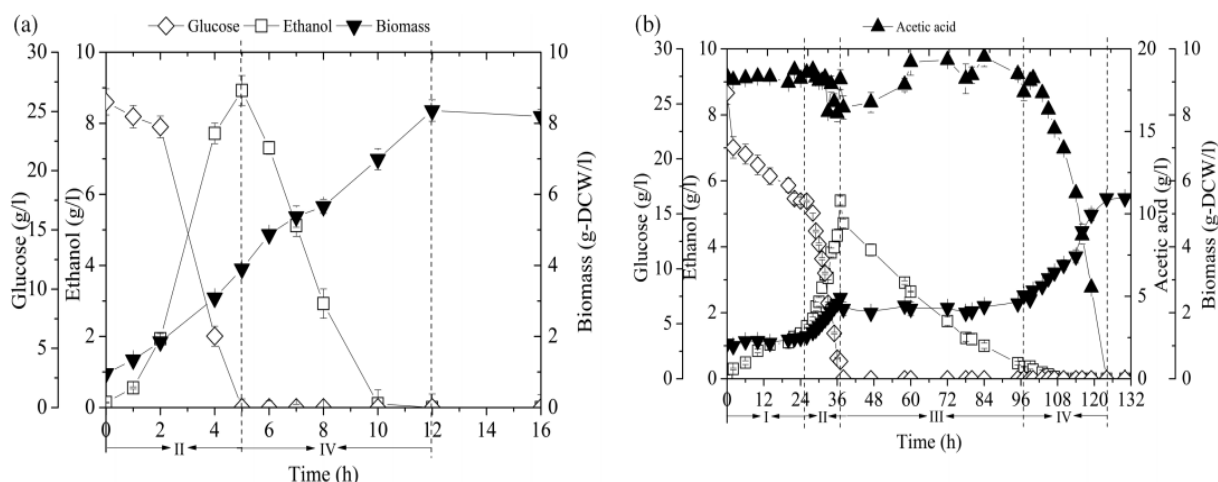


Figura 4. Comparación de etanol, producción de biomasa y consumo de azúcar de *S. cerevisiae*, de Guo et al<sup>29</sup>

De esta figura se tiene como antecedentes que la duración de la fase de retraso y el tamaño de las células reanudan la proliferación. La cepa MUCL 11987-9 (círculos negros) mostró una latencia de 18 horas en presencia del ácido acético a una concentración de 9g/L, en comparación con la cepa CEN.PK113-7D (círculos blancos) mostró una fase de latencia de 52 horas, que es mucho más prolongada que la de la cepa MUCL 11987-9<sup>31</sup>. Los autores comentan que la fracción de las células capaces de proliferar a una concentración determinada de ácido acético es un parámetro que depende de cada cepa y esta característica puede ser heredable, aun así, se debe tener en cuenta que también hay variabilidad de la misma cepa entre las células individuales, ya que algunas tienen la capacidad de reanudar el crecimiento celular más rápido que otras después de ser cambiadas de medio<sup>31</sup>.

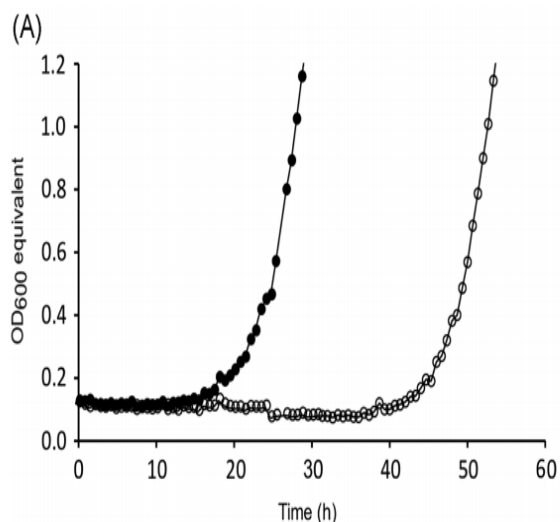


Figura 5. Efectos del ácido acético sobre la duración de la fase de latencia y el tamaño de la fracción de células en proliferación<sup>31</sup>

#### 4.4.2 Concernientes al aprendizaje colaborativo

Se logró la participación en el “VII Encuentro Institucional de Grupos de Investigación y X Encuentro Institucional de Semilleros de Investigación - Contexto y Oportunidades para la Transferencia de Conocimiento”, y como material de aporte sobre del aprendizaje colaborativo, se realizó la creación de un Padlet y el uso de Genially para un cuaderno virtual.

Como herramientas se usó el Padlet exaltando sus posibilidades de permitir el trabajo colaborativo, también se utilizó Genially rescatando la flexibilidad en el uso de gráficos, videos e información estructurada alojada en redes sociales.

En cuanto a una forma de abordar el estudio de crecimientos exponenciales los logros se traducen en la creación de diálogos, situaciones, representación gráfica y explicaciones a partir de:

1. Se estableció la estrategia de examinar el cambio a través de diferencias y cocientes.
2. Se retomó, de las indagaciones, la caracterización de las funciones exponenciales a través de su variación, específicamente atendiendo a la razón de cambio promedio.
3. Se utilizó el vínculo entre progresiones aritméticas y geométricas.

#### **4.4.2.1 Material audiovisual: uso de Excel, TEAMS, redes sociales, bases de datos y otras herramientas**

Referente a los resultados de este ítem se utiliza la información del primer aspecto “Características del crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*” y las herramientas del aspecto “El aprendizaje”, con la finalidad de facilitar la comprensión del crecimiento de la levadura *S. cerevisiae* haciendo énfasis en el crecimiento exponencial, en estudiantes interesados en comprender el tema de crecimiento de microorganismos.

##### **4.2.2.1.1 El Padlet y Genially en la socialización de los primeros pasos de la investigación:**

Como primer trabajo con herramientas TAC se presentó una conferencia grabada en el video titulado “El proceso de indagación en un Análisis del crecimiento *Saccharomyces cerevisiae*” bajo el link de: [https://youtu.be/LLORJ\\_Lg6Qc](https://youtu.be/LLORJ_Lg6Qc), (Anexo 1) en colaboración en el semillero de investigación BIOMA's, en la cual se realizó una revisión en bases de datos para estudiar el fenómeno de crecimiento con asesoría en matemáticas para integrar la explicación de la variación exponencial. El objetivo de este video era explicar los primeros pasos en la indagación que busca comprender la variación en procesos de fermentación usando como ejemplo a *S. cerevisiae*. En la presentación se recurrió a utilizar Padlet y Genially.

El aprendizaje obtenido de este trabajo fue dejar de creer que el crecimiento exponencial de los microorganismos se refería a crecimientos rápidos expresados como “que a medida que aumentaba el tiempo aumentaba el número de células”, y comprender que el crecimiento exponencial está dado por una variación geométrica que se presenta en la variable dependiente, y que en la variable independiente se presenta una variación aritmética.

**Elaboración de artículo:** Un resultado que es importante destacar es el artículo titulado “El proceso de indagación en un análisis del crecimiento *Saccharomyces cerevisiae* y el uso de herramientas TAC” (Anexo 2) que será publicado en las memorias del evento institucional, en el cual se presenta una descripción de algunos de los primeros pasos de esta indagación y la comprensión de las fases del crecimiento de la levadura acompañadas con el estudio del uso de las herramientas Padlet y el cuaderno en Genially. Artículo correspondiente a la socialización que se llevó a término en el encuentro institucional de investigaciones.



Continuando con el párrafo anterior el Padlet obtenido para ser presentado en el artículo aborda temas del crecimiento de los microorganismos; los microorganismos presentan una fase de crecimiento exponencial, en el Anexo 3, el Padlet tiene 4 columnas; en la primera columna se presentan las generalidades de la función exponencial para tener las bases del conocimiento, en la columna dos se comenta sobre el crecimiento exponencial haciendo énfasis en la composición del medio de cultivo para el crecimiento de microorganismos y la curva de crecimiento de los microorganismos; en la columna tres está un ejemplo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en un proceso de fermentación donde se observa cómo se afecta el crecimiento exponencial según las condiciones del medio, y por último las referencias.

#### **4.4.2.1.2 Cuaderno de funciones: video sobre crecimiento lineal – no esperado - en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Usando TEAMS, redes sociales, GeoGebra.**

Se elaboró un video que está alojado en la red social YouTube, bajo el link: <https://youtu.be/NHNL0OU8CoU>, en el cual se utilizaron herramienta como GeoGebra y Excel para realizar la representación gráfica del modelo teórico, se utilizó TEAMS para grabarlo y en las redes sociales académicas se seleccionó un video concerniente a la cámara de Neubauer.

Para realizar el video se tuvo en cuenta los antecedentes, en cuanto a las dificultades en el aprendizaje de la función exponencial.

Se partió explicando técnicas del laboratorio (Anexo 4), conociendo que el uso de métodos de laboratorio facilita el conteo de los microorganismos, en el video en construcción ponemos como ejemplo a la cámara de Neubauer, que nos ayuda con un estimado del número de células presentes en una muestra con ayuda del microscopio, con esta técnica es importante conocer un poco sobre la morfología de la célula a evaluar, en este caso la levadura *Saccharomyces cerevisiae* presenta una forma ovoide o circular.

Se continua con la explicación de la escala de McFarland que sirve como patrón de turbidez en

la preparación de la suspensión de microorganismos, esto ayuda a tener un aproximado de microorganismos presentes en la suspensión que puede tener diferentes grados de concentración dependiendo de la cantidad de microorganismos que se desee obtener.

Posteriormente se realiza la tabulación de los resultados obtenidos en la cámara de Neubauer, a través de la fórmula estimada para saber la cantidad de microorganismos en diferentes tiempos; se realiza el análisis de la tabla de datos a través de diferencia, iniciando con la columna de tiempo Anexo 5, posteriormente se realizó en análisis de los valores en la columna de cantidad de microorganismos también por diferencia.

Después del análisis de la tabla, se procedió a realizar la representación gráfica donde se realizó en análisis del cambio en el tiempo ( $\Delta t$ ) y el cambio de la función cantidad de microorganismos de  $t$   $\Delta C(t)$ , y posteriormente la razón de cambio promedio que es la pendiente.

En el Anexo 6, está la representación gráfica de la cantidad de microorganismos contra el tiempo en horas, como antecedentes se tiene que se utilizó a la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, para ejemplificar el crecimiento de los microorganismos; se realizó un patrón de turbidez con la escala de McFarland a 0.5, de solución salina con *S. cerevisiae* con incubación de 28°C. Al realizar el análisis del cambio en el tiempo ( $\Delta t$ ), indica que se tomaron datos de la cantidad de microorganismos cada hora, y al realizar el análisis del cambio de la función de la cantidad de microorganismos  $\Delta C(t)$ , indica que cada vez que se realiza una observación hay 8.000 células/mm<sup>3</sup> más. Sin embargo se aclara en el video que el crecimiento de los microorganismos no puede ser lineal, se comentan principalmente de dos factores que pudieron intervenir en el crecimiento de la levadura, la falta de nutrientes y temperatura no óptima; con respecto a la falta de nutrientes debido a que la solución salina no le provee ninguna fuente de carbono a la levadura no crece y con respecto a la temperatura no óptima, debido a que se incubó *S. cerevisiae* a 28°C y la temperatura óptima para el crecimiento de la levadura es la 24°C.

Posteriormente se realiza el análisis del crecimiento obteniendo, teniendo claro que el crecimiento de microorganismos es un aumento de la cantidad del número de células, y aunque

en el modelo si hubo aumento del número de células no representa a un crecimiento exponencial. Al final del video se abre paso para el segundo video, en el cual se aborda el crecimiento de los microorganismos.

#### **4.4.2.1.3 Cuaderno de funciones 2.0. Análisis de la fase de crecimiento exponencial de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Uso de redes sociales, bases de datos, TEAMS y software especializado, formato .ppt**

En cuaderno de funciones 2.0, se realizó en el programa PowerPoint en la cual se retoman los métodos utilizados en el laboratorio como la cámara de Neubauer y la escala de McFarland para realizar el modelo teórico.

Se consideró que una gran diferencia que se presenta entre el crecimiento que se modela mediante una función lineal y la función exponencial, radica en que en la función lineal los cambios en cada una de las variables responden a una razón aritmética y su razón de cambio promedio es constante.

Por otro lado, en el Anexo 7, en un fenómeno que se asemeja a la función exponencial, su razón de cambio promedio no es constante. Existe un cambio geométrico y uno aritmético; entendiendo que una variación aritmética se refiere a la que cada termino se obtiene sumando al anterior un número fijo. La progresión geométrica se refiere a la que cada termino se obtiene multiplicando el termino anterior por una constante denominada razón.

En el anexo 7 tuvo importancia el realizar un análisis de la información sobre la función exponencial, de lo contrario se habría limitado el conocimiento a tomar los valores de la variable dependiente (Cantidad de microorganismos) y multiplicarlos por dos para obtener el resultado faltante, pero después de la revisión de la información, se puede realizar el análisis a través del uso de exponentes (variación aritmética) para observar una secuencia en la última columna de la tabla.

Al cierre de la sección de análisis en la presentación en formato PowerPoint, se encuentra una breve explicación sobre las progresiones de un video extraído de la plataforma YouTube, que ayuda a complementar la información, y se seleccionó como una herramienta interesante en

bacteriología y laboratorio clínico, un video sobre una técnica de conteo de colonias, que sirve como método de laboratorio opcional a utilizar en caso tal de que no se cuenta con la cámara de Neubauer.

## 5. DISCUSIÓN

Las categorías de análisis muestran que la mayoría de la información se obtuvo de artículos de revistas indexadas, a su vez estas categorías facilitaron el proceso de recolección, organización y comprensión de la información para ser utilizada en el modelo de crecimiento de la levadura *S. cerevisiae*.

El crecimiento de la levadura en condiciones óptimas tiene una fase de retraso corta, seguido de la fase exponencial y la fase de latencia por agotamiento de nutrientes<sup>22</sup>, de la misma forma Casey et al<sup>28</sup> observaron que las variaciones en el pH no influyen en el crecimiento de la levadura observando las tres fases de crecimiento, este crecimiento también se presentó en el estudio de Guo et al<sup>29</sup>, ya que el crecimiento de la levadura en estas condiciones presenta las tres fases (retraso, exponencial y latencia).

La presencia de ácido acético en concentraciones de 1g/L no afecta significativamente el crecimiento de la levadura<sup>17</sup>, pero a concentraciones mayores o iguales a 9g/L no se presenta ningún tipo de crecimiento de la levadura *S. cerevisiae*<sup>17</sup>; por su parte Vasserot et al<sup>22</sup> comenta que el ácido acético en concentraciones de 1g/L es metabolizado por la levadura ya que se observa una disminución de la concentración de este ácido a medida que crece la levadura.

Las variaciones en la concentración de ácido acético reflejan una inhibición o un retraso marcado en el crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, de igual manera la presencia de ácido acético debe ir acompañada de la disminución de pH como describen Swinnen<sup>17</sup> y Casey<sup>28</sup>. Cuando hay concentraciones de ácido acético >9g/L y pH <5 se observan disminución del crecimiento exponencial<sup>28</sup>, retrasos en el crecimiento de 36 a 60 horas<sup>29</sup> y fases de latencia de con retrasos de 18 a 52 horas respectivamente<sup>31</sup>.

Con respecto al video "cuaderno de funciones" se estableció un ejemplo de crecimiento lineal rápido con el fin de ejemplificar que el cultivo tuvo un crecimiento extraño, no usual. Este crecimiento no esperado se pudo dar por dos posibles opciones, la primera es por la falta de nutrientes que tenía el medio donde estaba creciendo la levadura *S. cerevisiae* y el segundo es

por las variaciones en la temperatura de incubación que puede retrasar el crecimiento de la levadura.

Por el contrario en el PowerPoint de “Cuaderno de funciones 2.0” se pudo realizar una correlación entre el crecimiento lineal y el crecimiento exponencial y así establecer que el crecimiento observado en el video “cuaderno de funciones” presenta un crecimiento lineal, ya que en su variable dependiente e independiente presenta razón aritmética por el contrario en el “Cuaderno de funciones 2.0” que se presente un crecimiento exponencial donde la variable independiente tiene variación aritmética y la dependiente variación geométrica.

Con respecto al aprendizaje colaborativo es importante resaltar que, el trabajo en equipo facilita el aprendizaje y el planteamiento de metas grupales que permiten tener en cuenta las opiniones y dudas dadas por cada integrante<sup>44</sup>; aun así, el aprendizaje hoy en día se adquiere de forma individual, ya que es más fácil acceder a todo tipo de información a través de herramientas digitales y esto dificulta la creación de grupos colaborativos para el aprendizaje<sup>43</sup>. Sin embargo, se puede fortalecer la colaboración mediante la creación de enfoques de aprendizaje personalizados para cada grupo con uso de las herramientas digitales; estas herramientas se podrían revisar en cualquier momento y deben permitir la comunicación remota entre los participantes del grupo<sup>45</sup>.

Aunque la aparición de las herramientas tecnológicas parece muy alentadora, el tecnoestrés es un factor limitante en el uso de estas herramientas<sup>50</sup>, este a su vez contiene factores como el síndrome de fatiga informativa, tecnoadicción y tecnofobia<sup>50</sup>, además Schwab<sup>51</sup> agregan factores como miedo, afectación en la identidad, cambio de comportamientos en la sociedad, entre otros. Estos factores pueden producir la aparición de profesionales poco preparados para afrontar los cambios informáticos esto en Colombia se vería reflejado en un aumento de la tasa de desempleo<sup>55</sup>.

Como se menciona en antecedentes, se presentan dificultades en la comprensión de las funciones como, reconocimiento del tipo de crecimiento de la función exponencial, grafica de una función que modele un fenómeno, entre otras<sup>2,5</sup>; por lo mismo se espera que con los aportes audiovisuales presentados en este trabajo se facilite la comprensión del crecimiento

exponencial a través del crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

## CONCLUSIONES

Se encontró que los inhibidores de mayor importancia en los procesos de fermentación son los ácidos débiles. Entre este grupo destaca el ácido acético por la capacidad de inducir la muerte celular, la producción de ROS, acidificar el citoplasma celular, entre otros. Sin embargo, en los procesos de fermentación se han utilizado diferentes mecanismos para contrarrestar la acción de los ácidos débiles como la heterogeneidad celular y la construcción de plásmidos con mutaciones y estos a su vez que permitan tolerar la presencia de altas concentraciones de ácidos débiles.

El uso de las herramientas interactivas como Padlet, GeoGebra y Genially, así también como TEAMS y PowerPoint, pueden facilitar un acercamiento al estudio y comprensión de fenómenos de dependencia, permitiendo así llevar “el aula convencional al aula virtual”.

Se realizó la creación de videos “Cuadernos de funciones” que tienen como objetivo potenciar la comprensión de fenómenos de crecimiento y diferenciar los crecimientos lineales rápidos de los exponenciales, usando recursos como el cambio geométrico, el cambio aritmético y el análisis de la variación a través de la razón de cambio promedio

El material visual que es presentado como resultado de esta investigación, abre nuevas preguntas de investigación concernientes a la validación de resultados en la enseñanza, que hagan uso de este material, y evalúen su impacto en la comprensión de fenómenos exponenciales.

Esta monografía es un ejemplo de trabajo interdisciplinario, al integrar estudios sobre crecimientos de la levadura, técnicas de recuento como la usada en la cámara de Neubauer, análisis de fenómenos para la enseñanza de conceptos matemáticos, con estrategias y conceptos vinculados al uso de tecnologías del aprendizaje colaborativo.



## REFERENCIAS

1. Valle A., González R., Cuevas L., Fernández A. Las estrategias de aprendizaje: características básicas y su relevancia en el contexto escolar. *Revista de Psicodidáctica* [Internet]. 1998[citado 8 mayo 2021]; (6): 53-68. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17514484006>
2. Lezama F. Un estudio de reproducibilidad de situaciones didácticas [Doctorado]. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional; 2003
3. Bravo J. Los medios de enseñanza: Clasificación, selección y aplicación. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación* [Internet]. 2004 [citado 8 mayo 2021]; (24): 113-124. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36802409>
4. Lopez J., Sosa L. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 21. DIFICULTADES CONCEPTUALES Y PROCEDIMENTALES EN EL APRENDIZAJE DE FUNCIONES EN ESTUDIANTES DE BACHILLERATO [Internet]. Mexico: Facultad de Matemáticas. Universidad Autónoma de Yucatán; 2008 [citado 24 Sept 2021]. P. 308-318. Disponible en: <http://funes.uniandes.edu.co/4946/1/L%C3%B3pezDificultadesALME2008.pdf>
5. Gómez E., Hernández H., Chaucanés A. Dificultades en el Aprendizaje y el Trabajo Inicial con Funciones en Estudiantes de Educación Media. *Scientia Et Technica* [Internet]. 2015; 20 (3): 278-285. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84943818011>
6. Hartwell LH. *Saccharomyces cerevisiae* cell cycle. *Bacteriol Rev* [Internet]. 1974[Cited 13 Apr 2021];38(2):164-198. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC413849/>
7. Pollack A., Findlay L., Mondschein W., Modesto R. *LABORATORY EXERCISES IN MICROBIOLOGY, THIRD EDITION*. Tercera Ed. Unites States: John Wiley & Sons; 2009.
8. Alterthum A. *Microbiología*. Sexta Ed. Brasil: Atheneu; 2015.
9. Olivares K, González-Hernández C, Regalado C, Madrigal A. *Saccharomyces cerevisiae* Exponential Growth Kinetics in Batch Culture to Analyze Respiratory and Fermentative Metabolism. *J. Vis. Exp* [Internet]. 2018 [Citado 23 May 2020]; (139):

58192. Recuperado a partir de:

[https://www.researchgate.net/publication/327779202\\_Saccharomyces\\_cerevisiae\\_Exponential\\_Growth\\_Kinetics\\_in\\_Batch\\_Culture\\_to\\_Analyze\\_Respiratory\\_and\\_Fermentative\\_Metabolism](https://www.researchgate.net/publication/327779202_Saccharomyces_cerevisiae_Exponential_Growth_Kinetics_in_Batch_Culture_to_Analyze_Respiratory_and_Fermentative_Metabolism)

10. Quirós M, Martínez-Moreno R, Albiol J, Morales P, Vázquez-Lima F, Barreiro-Vázquez A, Ferrer P, et al. Metabolic flux analysis during the exponential growth phase of *Saccharomyces cerevisiae* in wine fermentations. PLoS One [Internet]. 2013 [Cited 23 May 2020];8(8):71909. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3742454/#pone.0071909.s005>
11. Durango L. EVALUACIÓN Y ESCALAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LEVADURAS NATIVAS TIPO *Saccharomyces* spp. A NIVEL DE LABORATORIO [pregrado]. Universidad EAFIT; 2007
12. Bento R, Rendas M, Semedo V, Bernardes C, Piedade M, Antunes F. The metabolic profile of lag and exponential phases of *Saccharomyces cerevisiae* growth changes continuously. BioRxiv [Internet]. 2016 [Cited 13 Apr 2021]. Available in: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/063909v1.full.pdf>
13. Rocha J. Producción de biocombustibles utilizando *Spirulina sp* como fuente de carbono [Tesis magister]. Universidad Autónoma De Nuevo León; 2011
14. López, P.C., Peng, C., Arneborg, N. Analysis of the response of the cell membrane of *Saccharomyces cerevisiae* during the detoxification of common lignocellulosic inhibitors. Sci Rep [Internet]. 2021 [Cited 13 Apr 2021]. 11: 6853. Available in: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-86135-z?proof=t>
15. González-Ramos D, Gorter AR, Grijseels SS, van Berkum MC, Swinnen S, Broek M, et al. A new laboratory evolution approach to select for constitutive acetic acid tolerance in *Saccharomyces cerevisiae* and identification of causal mutations. Biotechnol Biofuels [Internet]. 2016 [Cited 23 May 2020]; 9:173. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4983051/>
16. Guo Z, Olsson L. Physiological response of *Saccharomyces cerevisiae* to weak acids present in lignocellulosic hydrolysate. FEMS Yeast Research [Internet]. 2014 [Cited 18 Jun 2020]. 14 (8) :1234–1248. Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/14/8/1234/2908352>

17. Swinnen S, Fernández-Niño M, González-Ramos D, Maris A, Nevoigt E. The fraction of cells that resume growth after acetic acid addition is a strain-dependent parameter of acetic acid tolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. FEMS Yeast Research [Internet]. 2014 [Cited 16 Jul 2020] 14 (4): 642–653. Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/14/4/642/586878>
18. Unrean P, Gätgens J, Klein B, Noack S, Champreda V. Elucidating cellular mechanisms of *Saccharomyces cerevisiae* tolerant to combined lignocellulosic-derived inhibitors using high-throughput phenotyping and multiomics analyses. FEMS Yeast Research [Internet]. 2018 [Cited 14 Jun 2020]; 18 (8). Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/18/8/foy106/5106819>
19. Della-Bianca B, Hulster E, Pronk J, Maris A, Gombert A. Physiology of the fuel ethanol strain *Saccharomyces cerevisiae* PE-2 at low pH indicates a context-dependent performance relevant for industrial applications. FEMS Yeast Research [Internet]. 2014 [Cited 14 Jun 2020]; 14 (8):1196–1205. Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/14/8/1196/2908349>
20. Beato F, Bergdahl B, Rosa C, Forster J, Gombert A. Physiology of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from Brazilian biomes: new insights into biodiversity and industrial applications. FEMS Yeast Research [Internet]. 2016 [Cited 3 Jun 2020] 16 (7). Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/16/7/fow076/2469912>
21. Erasmus D, Merwe G, Vuuren H. Genome-wide expression analyses: Metabolic adaptation of *Saccharomyces cerevisiae* to high sugar stress. FEMS Yeast Research [Internet]. 2003 [Cited 18 Jun 2020]. 3 (4): 375–399. Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/3/4/375/681486>
22. Vasserot Y, Mornet F, Jeandet P. Acetic acid removal by *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation in oenological conditions. Metabolic consequences. Food Chemistry [Internet]. 2010 [Cited 23 May 2020]; 119: 1220–1223. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814609009777>
23. Li H, Su J, W Ma, Guo A, Shan Z, Wang H. Metabolic flux analysis of *Saccharomyces cerevisiae* in a sealed winemaking fermentation system. FEMS Yeast Research [Internet]. 2015 [Cited 25 Jun 2020]; 15 (2). Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/15/2/fou010/535698>

24. Sjulander N, Kikas T. Origin, Impact and Control of Lignocellulosic Inhibitors in Bioethanol Production—A Review. *Energies* [Internet]. 2020[Cited 13 Apr 2021]; 13(18):4751. Available in: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/18/4751/htm>
25. Valenti D, Vacca R, Guaragnella N, Passarella S, Marra E, Giannattasio S. A transient proteasome activation is needed for acetic acid-induced programmed cell death to occur in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Yeast Research* [Internet]. 2008 [Cited 26 Jul 2020] 8 (3): 400–404. Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/8/3/400/598988>
26. Ludovico P, Sousa M, Silva M, Leao C, Corte-Real M. *Saccharomyces cerevisiae* commits to a programmed cell death process in response to acetic acid. *Microbiology* [Internet]. 2001 [Cited 13 Apr 2021]. 147 (9): 2409–2415. Available in: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/micro/10.1099/00221287-147-9-2409?crawler=true>
27. Oh EJ, Wei N, Kawak S, Kim H, Jim Y. Overexpression of RCK1 improves acetic acid tolerance in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Biotechnology* [Internet]. 2019 [Cited 23 May 2020]; 292: 1–4. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168165619300021?via%3Dihub>
28. Casey E, Sedlak M, Ho N, Mosier N, Effect of acetic acid and pH on the cofermentation of glucose and xylose to ethanol by a genetically engineered strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Yeast Research* [Internet]. 2010 [Cited 14 Jun 2020]; 10 (4): 385–393. Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/10/4/385/576539>
29. Guo ZP, Olsson L. Physiological responses to acid stress by *Saccharomyces cerevisiae* when applying high initial cell density. *FEMS Yeast Res* [Internet]. 2016 [Cited 23 May 2020];16(7):072. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5094285/>
30. Zhang M, Xiong L, Tang Y. et al. Enhanced acetic acid stress tolerance and ethanol production in *Saccharomyces cerevisiae* by modulating expression of the de novo purine biosynthesis genes. *Biotechnol Biofuels* [Internet]. 2019 [Cited 13 Apr 2021]. Available in: <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-019-1456-1>

31. Fernández-Niño M, Pulido S, Stefanoska D, Pérez C, González-Ramos D, Maris J, et al. Identification of novel genes involved in acetic acid tolerance of *Saccharomyces cerevisiae* using pooled-segregant RNA sequencing. FEMS Yeast Research [Internet]. 2018 [Cited 21 Jul 2020]; 18 (8). Available in: <https://academic.oup.com/femsyr/article/18/8/foy100/5097782>
32. Bouza E., Muñoz P. *Saccharomyces cerevisiae*: el fin de la inocencia. Rev Esp Quimioterapia [Internet]. 2004 [Citado 29 Oct 2020]; 17 (3): 227-231. Disponible en: <https://seq.es/seq/0214-3429/17/3/227.pdf>
33. Romano M., Coraine L., Maielo V., Abramczyc M., Souza R., Oliveira N. *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* FUNGEMIA IN A PEDIATRIC PATIENT AFTER TREATMENT WITH PROBIOTICS. Rev Paul Pediatr [Internet]. 2017 [Cited 29 Oct 2020];35(3):361-364. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5606182/>
34. Vargas J. Enseñanza de la función exponencial: investigación y práctica en el aula de la básica al precálculo en la Universidad. Bogotá, Colombia: Sello Editorial Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca; 2019.
35. Echeverría B., Martínez P. Revolución 4.0, Competencias, Educación y Orientación. RIDU [Internet]. 2018 [Citado 26 Oct 2020] 12(2): 4-34. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v12n2/a02v12n2.pdf>
36. Willcox E., Sarma, S., Lippel H. Online education: A catalyst for Higher Education Reforms. Final Report [Internet]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology; 2016. Available in <https://oepi.mit.edu/files/2016/09/MIT-Online-Education-Policy-Initiative-April-2016.pdf>
37. Prensky M. Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. On the Horizon [Internet]. 2001 [Cited 26 Oct 2020] 9 (5):1-6. Available in: <https://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>
38. Sánchez E., Castro D. Cerrando la brecha entre nativos e inmigrantes digitales a través de las competencias informáticas e informacionales. Apertura [Internet]. 2013 [citado 2021 Ago 18]; 5 (2): 6-15. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68830444002>

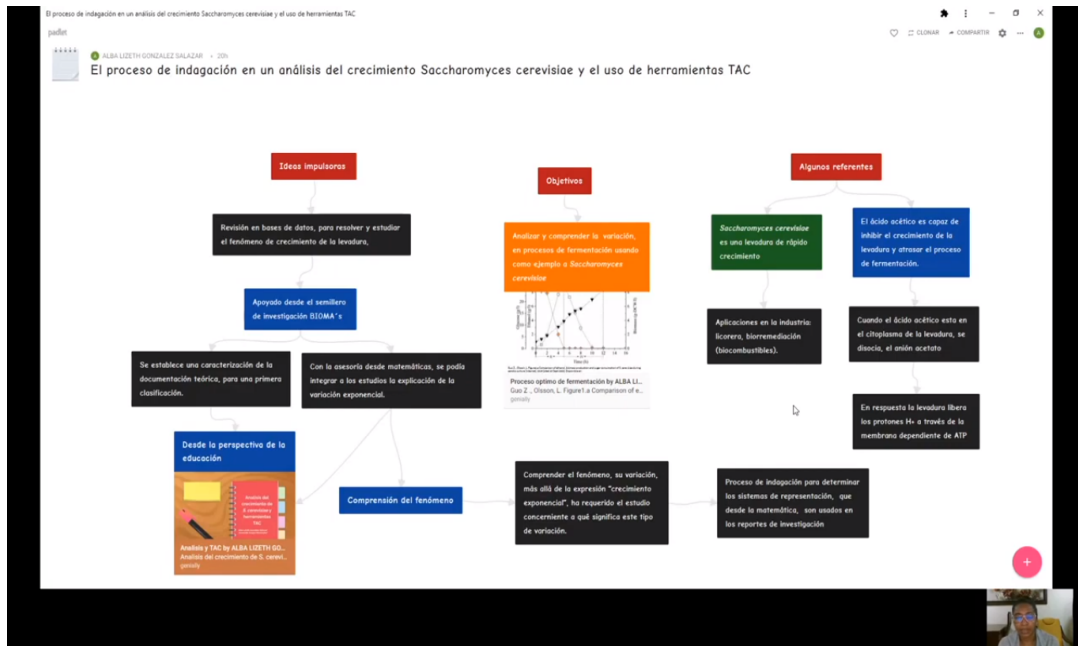
39. Gutiérrez N; Prieto C. Impacto de las diferencias entre nativos e inmigrantes digitales en la enseñanza en las ciencias de la salud: revisión sistemática. Rev. cuba. inf. cienc. salud [Internet]. 2018 [citado 2021 Ago 18]; 29(1): 92-105. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2307-21132018000100007&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132018000100007&lng=es).
40. Escudero A. Redefinición del “aprendizaje en red” en la cuarta revolución industrial. Apert [Internet]. 2018 [Citado 26 Oct 2020] 10(1) :149-163. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-61802018000100149&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-61802018000100149&lng=es&nrm=iso)
41. Alanís A., Rodríguez J., Gonzalez G. La transformación de la educación básica en México desde la perspectiva de la Educación 4.0. Adaya press [Internet]. 2019 [Citado 26 Oct 2020]. Disponible en: <http://www.adayapress.com/wp-content/uploads/2019/07/RTB10.pdf>
42. Carrio-Pastor M. Ventajas del uso de la tecnología en el aprendizaje colaborativo. RIE [Internet]. 2007 [Citado 26 Oct 2020] 41(4). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/41141241\\_Ventajas\\_del\\_uso\\_de\\_la\\_tecnologia\\_en\\_el\\_aprendizaje\\_colaborativo](https://www.researchgate.net/publication/41141241_Ventajas_del_uso_de_la_tecnologia_en_el_aprendizaje_colaborativo)
43. Calzadilla M. Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación. RIE [Internet]. 2002[Citado 26 Oct 2020]. 29: 1-10. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/333255868\\_Aprendizaje\\_colaborativo\\_y\\_tecnologias\\_de\\_la\\_informacion\\_y\\_la\\_comunicacion](https://www.researchgate.net/publication/333255868_Aprendizaje_colaborativo_y_tecnologias_de_la_informacion_y_la_comunicacion)
44. Stanford University. ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LIFE IN 2030 [Internet]. California: Stanford University; 2016. Available in: [https://ai100.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9861/f/ai100report10032016fnl\\_singles.pdf](https://ai100.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9861/f/ai100report10032016fnl_singles.pdf)
45. García, G. PADLET como aula virtual. Observatorio de tecnología educativa [Internet]. 2019 [citado 30 julio de 2021]; 1(24). Recuperado de: <https://intef.es/wp-content/uploads/2019/10/Padlet-2.pdf>
46. Genially. La comunicación visual interactiva [Internet]. Descubre por que Genially es tan eficaz para comunicar. 2019 [citado 30 julio de 2021]. Disponible en: <https://genial.ly/es/por-que-genially/>

47. TEAMS. Video de aprendizaje de Microsoft Teams [Internet]. Soporte de Office. 2021 [citado 24 sept de 2021]. Disponible en:  
<https://support.microsoft.com/es-es/office/v%C3%ADdeo-qu%C3%A9-es-microsoft-teams-422bf3aa-9ae8-46f1-83a2-e65720e1a34d>
48. GeoGebra. ¿Qué es GeoGebra? [Internet]. GeoGebra. 2021 [citado 24 sept de 2021]. Disponible en: <https://www.geogebra.org/about?lang=es>
49. Salanova M. Trabajando con tecnologías y afrontando el tecnoestrés: el rol de las creencias de eficacia. Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones [Internet]. 2003 [Citado 13 Feb 2021]; 19 (3). Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/pdf/2313/231318057001.pdf>
50. Schwab K. La cuarta revolución industrial. 1 ed. España: Penguin Random House; 2016. Disponible en:  
[http://40.70.207.114/documentosV2/La%20cuarta%20revolucion%20industrial-Klaus%20Schwab%20\(1\).pdf](http://40.70.207.114/documentosV2/La%20cuarta%20revolucion%20industrial-Klaus%20Schwab%20(1).pdf)
51. Dorna E. INDUSTRIA 4.0: ¿CÓMO AFECTA LA DIGITALIZACIÓN AL SISTEMA DE PROTECCIÓN SOCIAL?. Lan Harremanak [Internet]. 2018 [Citado 13 Feb 2021]; 40 p.12-30. Disponible en:  
[https://ojs.ehu.eus/index.php/Lan\\_Harremanak/article/view/20325/18609](https://ojs.ehu.eus/index.php/Lan_Harremanak/article/view/20325/18609)
52. Rejen P. The Fourth Industrial Revolution is here—are you ready?”. Deloitte Insights [Internet]. 2018 [Cited 14 Feb 2021]. Available in:  
<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/deloitte-review/issue-22/industry-4-0-technology-manufacturing-revolution.html>.
53. Xu M. David J. Kim S. The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. International Journal of Financial Research [Internet]. 2018 [Cited 14 Feb 2021]; 9 (2). Available in: <https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90>
54. Román J. Industria 4.0: la transformación digital de la industria [Internet]. Bilbao: Codiinforme; SF p. 1-10. Disponible en:  
<http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>
55. Castillo D. Cortes D. Yanet C. La Revolución de la Industria 4.0 en España y su tendencia en Colombia [Pregrado]. Universidad Santo Tomás. 2019
56. González, A; Vargas J. Cuaderno de funciones (I parte) [Video en internet]. Youtube. [citado 2021 Ago 18]. Recuperado de: <https://youtu.be/NHNL0OU8CoU>

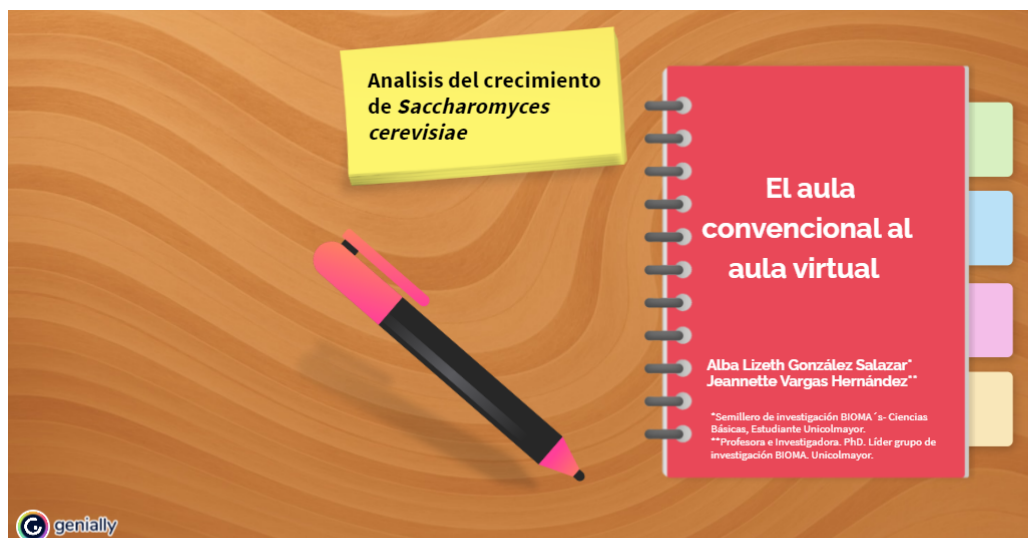
57. Jimenez D. Quiero decirte que tu ponencia me gustó demasiado, tienes un conocimiento y una utilización de conceptos grandísima... [Comentario en el video *El proceso de indagación en un Análisis del crecimiento Saccharomyces cerevisiae*]. YouTube Noviembre 2020; [citado 23 abril de 2021]. Recuperado a partir de: [https://youtu.be/LLORJ\\_Lg6Qc](https://youtu.be/LLORJ_Lg6Qc)
58. González, A; Vargas J. Función Exponencial [internet]. Padlet. 2020 [citado 30 julio de 2021]. Disponible en: <https://es.padlet.com/lizethjp05/5oziwfwh906gmqgb>
59. González, A; Vargas J. Análisis del crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*. El aula convencional al aula virtual [internet]. Genially. 2020 [citado 30 julio de 2021]. Disponible en: <https://view.genial.ly/5f6d5b549e41467dc38ffd9a/guide-analisis-y-tac>



# ANEXOS



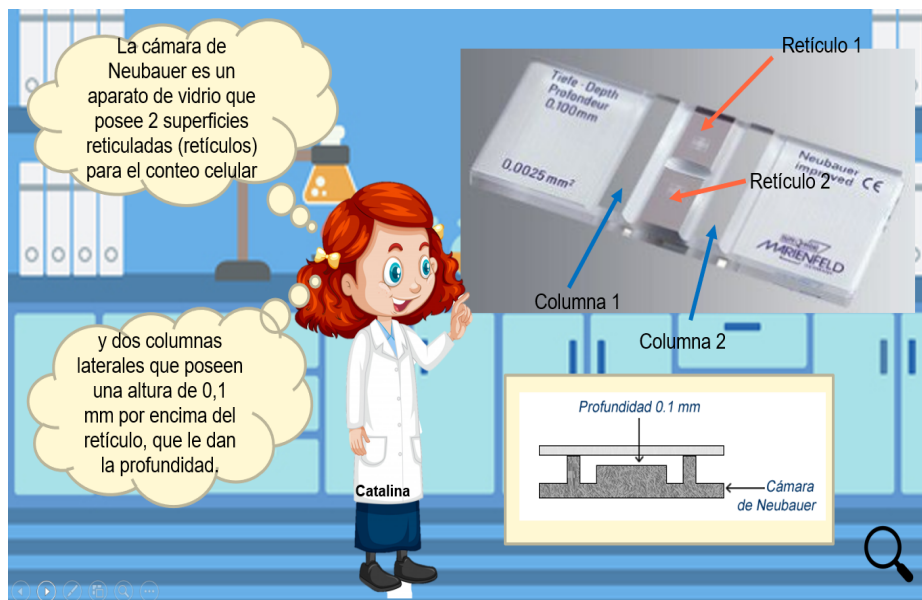
Anexo 1. Padlet presentado en el video<sup>56</sup> “El proceso de indagación en un Análisis del crecimiento *Saccharomyces cerevisiae*”



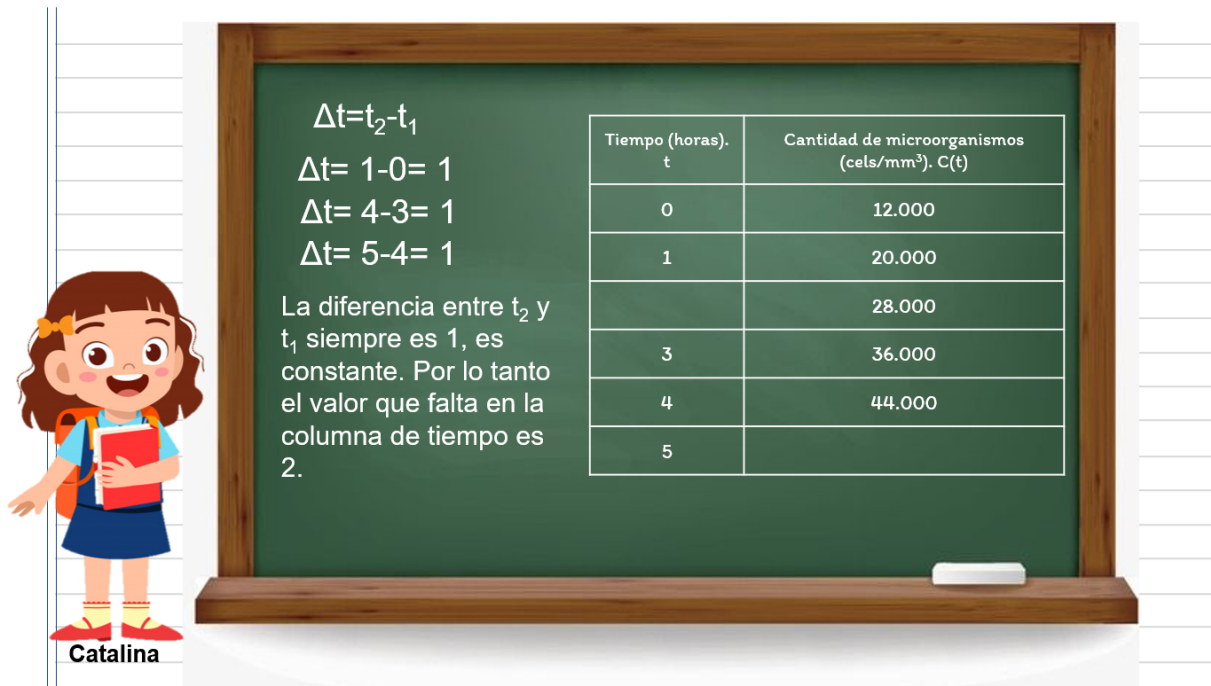
Anexo 2. Genially presentado en el video<sup>59</sup> “El proceso de indagación en un Análisis del crecimiento *Saccharomyces cerevisiae*”

1. Función exponencial	2. Crecimiento exponencial	3. Gráficas interactivas	4. Referencias
<p><b>¿Qué es la función exponencial?</b></p> <p>Son funciones de la forma <math>f(x)=b^x</math>, siendo <math>b</math> una constante y <math>x</math> la variable independiente. La definición de la función exponencial exige siempre que la base sea positiva y distinta de 1 (<math>b&gt;0, b \neq 1</math>). [1]</p>	<p><b>Crecimiento microbiano</b></p> <p>Los microorganismos en un medio, en el cual encuentren condiciones favorables de sustrato, temperatura, pH, crece en tamaño y también se multiplica rápidamente (depende del tipo de microorganismo); los microorganismo requieren para la supervivencia fuentes de carbono, que por lo general es un azúcar simple, como glucosa, sacarosa, fructosa y lactosa que son fácilmente degradados por</p>	<p><b>Respuestas fisiológicas al estrés ácido en un levadura</b></p> <p><i>Saccharomyces cerevisiae</i> es una levadura de amplio uso industrial, preferida en los procesos de fermentación por su rápido crecimiento, la bajas condiciones de esterilidad y la alta producción de etanol, aun así en estos procesos de fermentación se presentan inhibidores, el más común es el ácido acético, que es un ácido débil capaz de ingresar a la levadura y producir inhibición del crecimiento de esta levadura</p>	<p>1. Vargas, J. (2019). ENSEÑANZA DE LA FUNCIÓN EXPONENCIAL: INVESTIGACIÓN Y PRÁCTICA EN EL AULA De la Básica al precálculo en la Universidad. Bogotá, Colombia: Editorial Scripto SAS</p> <p>2. Villeros P. (2015). DISEÑO DE OBSERVADORES DE ESTADO PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN BIORREACTORES A PARTIR DE MODELOS CIBERNÉTICOS [Magister]. Universidad Nacional de Colombia.</p> <p>3. Guo Z., Olsson L. Physiological responses to acid stress by</p>
<p><b>Condiciones de la base</b></p> <p>1. La base debe ser distinta de 1, esto se debe a que si</p>			

Anexo 3. Padlet para el aprendizaje colaborativo<sup>58</sup>



Anexo 4. Explicación sobre la cámara de Neubauer en el Cuaderno de funciones<sup>55</sup>



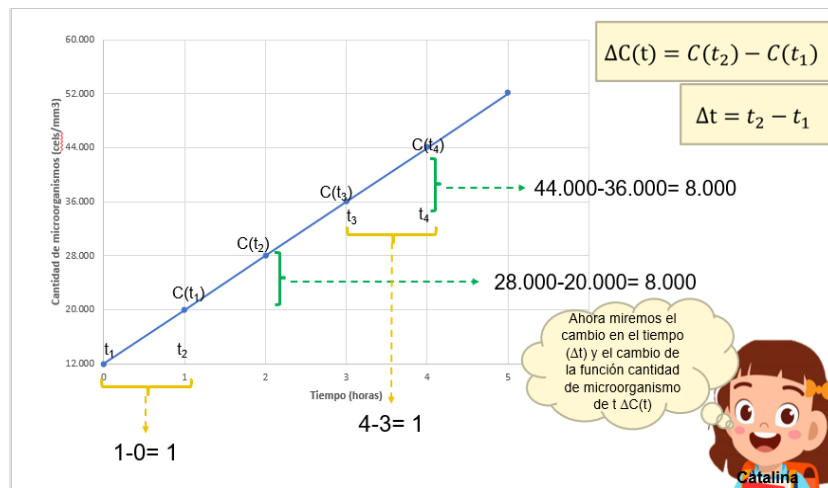
$\Delta t = t_2 - t_1$   
 $\Delta t = 1 - 0 = 1$   
 $\Delta t = 4 - 3 = 1$   
 $\Delta t = 5 - 4 = 1$

La diferencia entre  $t_2$  y  $t_1$  siempre es 1, es constante. Por lo tanto el valor que falta en la columna de tiempo es 2.

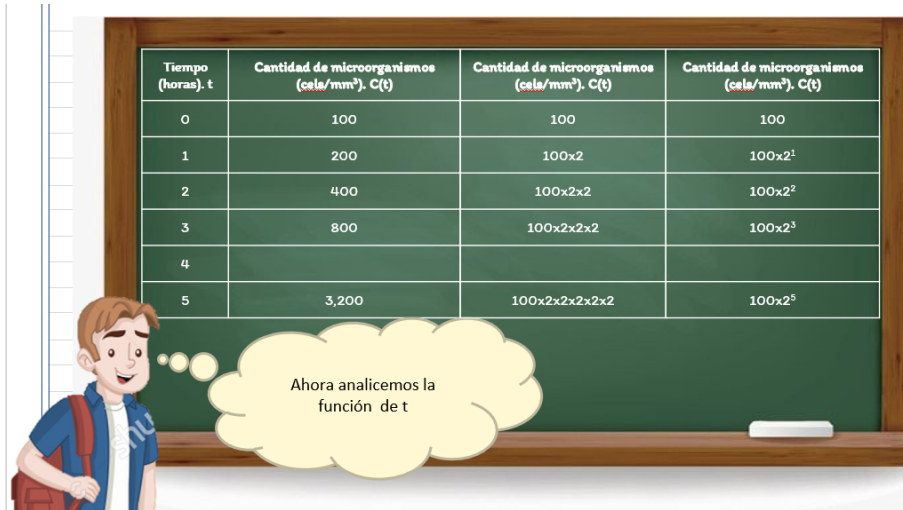
Tiempo (horas). $t$	Cantidad de microorganismos (cels/mm <sup>3</sup> ). $C(t)$
0	12.000
1	20.000
	28.000
3	36.000
4	44.000
5	

**Catalina**

Anexo 5. Diferencia del tiempo en horas en el Cuaderno de funciones



Anexo 6. Representación gráfica de un crecimiento hipotético lineal de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Elaboración con la líder del semillero BIOMA's.<sup>55</sup>



Anexo 7. Tabla de datos de las observaciones realizadas en el procedimiento de crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Elaboración con la líder del semillero BIOMA´s recurriendo a la herramienta PowerPoint