



**GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO**

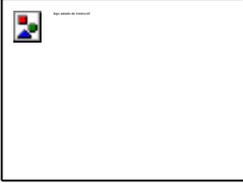


**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC  
DIRECCIÓN ACADÉMICA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA**

# **Manual de Prácticas de Cinética Química y Biológica Sexto semestre**

**INGENIERÍA BIOQUIMICA**

Octubre, 2021



**MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO**  
**Modelo por Competencias Profesionales**  
**Cinética Química y Biológica**



## PRESENTACION

La asignatura Cinética Química y Biológica es fundamental para que el estudiante conceptualice los conceptos que involucran la velocidad con la que sucede una reacción química o biológica dentro del desarrollo de un bioproceso. Así, se pretende que el estudiante adquiera las competencias en el laboratorio para el diseño de experimentos, mediante los cuales sea posible seguir puntualmente el desarrollo de una reacción y cuantificar la velocidad de la misma y los factores operacionales que tienen efecto sobre dicho parámetro.

Dado que la comprensión de los temas revisados en la clase teórica se facilita cuando los objetivos de estudio son tangibles, se plantearon las prácticas a partir de los tópicos más representativos de la cinética química, enzimática y microbiana. Así, es recomendable que las prácticas se desarrollen después de haber ahondado en la revisión teórica de los temas en el aula, para que el laboratorio sirva para reforzar ciertos conceptos, y con ello el alumno obtenga un conocimiento significativo.

El presente manual está conformado por cinco prácticas. Para las primeras dos prácticas se tomará como reacción modelo a la yodación de la acetona trabajando bajo diferentes condiciones. En la *práctica 1* se determinará el efecto de la concentración y del catalizador involucrado en la reacción para estimar con los datos obtenidos la ecuación de la ley de velocidad que explica la yodación de la acetona. Se estimará la constante de velocidad de reacción y el orden de reacción para proponer la expresión de velocidad correspondiente, utilizando Polymath para el análisis de los datos experimentales obtenidos. El efecto de la temperatura de operación sobre la velocidad a la que sucede la reacción química es el tema central de la *práctica 2*, donde se pretende que el estudiante emplee la ecuación de Arrhenius para calcular la energía de activación de la reacción.

Cuando el estudiante ya integró estos conceptos, generalizables a toda reacción, se involucra entonces a las enzimas para el estudio de las reacciones biológicas. Para el análisis de la cinética enzimática, se desarrollarán dos prácticas. En la *práctica 3* el estudiante desarrollará la competencia que le permita establecer la metodología para medir la velocidad de las reacciones enzimáticas, y a la vez diseñará los experimentos correspondientes para identificar las condiciones de pH y temperatura que resultan óptimas en el desempeño de la enzima durante la reacción. En la *práctica 4* el estudiante podrá aplicar las diferentes metodologías vistas en clase para calcular los valores de los parámetros cinéticos de la ecuación de Michaelis-Menten, mediante los resultados de experimentos que diseñará para tal fin. Con ello además identificará el efecto que tiene la concentración inicial de sustrato sobre la velocidad de la reacción catalizada por la enzima.

Finalmente, en la práctica 5 se espera que el estudiante desarrolle un cultivo por lotes, para comprender los conceptos de la cinética biológica y adquiera las competencias necesarias para medir biomasa, sustrato y producto en un cultivo microbiano para estimar los parámetros cinéticos correspondientes.

Las prácticas están diseñadas para que los estudiantes comprendan el tema a desarrollar, pero cada equipo de trabajo deberá plantear el objetivo a cumplir y el marco teórico que servirá de referencia para el desarrollo de cada una de las prácticas. Esto reforzará las habilidades que los estudiantes deben poseer para la solución de problemas y la búsqueda de información, sin dejar de lado la comprensión lectora y la competencia en la redacción de textos científicos. El análisis y discusión de los resultados obtenidos en la práctica, contribuirá a la aplicación práctica de los conocimientos y al desarrollo de habilidades para la resolución de modelos matemáticos mediante programas de cómputo.

La adquisición de las competencias que el alumno deberá adquirir en cada práctica se estimará mediante el empleo de las rúbricas y listas de cotejo correspondientes, mismas que se colocan como material adicional de este Manual.

Antes de iniciar con el desarrollo de las diferentes prácticas propuestas, se sugiere a los usuarios del presente manual que consulten con detenimiento las normas que debe seguir un estudiante dentro del laboratorio de Cinética Química y Biológica durante el desarrollo de sus prácticas. Esta información aparece antes de las prácticas, dentro del presente Manual. Por otro lado, la escritura del reporte de actividades que el alumno deberá generar al concluir cada una de las prácticas se facilitará con la guía que se agregó al final de las prácticas.

## INDICE

Recomendaciones generales para el trabajo en el laboratorio	1
Práctica 1. Determinación de la ley de velocidad de una reacción	2
Práctica 2. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de una reacción química	8
Practica 3. Determinación de los parámetros de la ecuación de Michaelis Menten para una reacción enzimática	13
Practica 4. Determinación de la temperatura y pH óptimos de una reacción catalizada por una enzima	18
Práctica 5. Estimación de los parámetros cinéticos en un cultivo por lote	23
Rúbrica de Evaluación para evaluar el planteamiento metodológico	29
Lista de cotejo	31
Rúbrica de Evaluación para evaluar el reporte de laboratorio	32

### **Recomendaciones generales para el trabajo en el Laboratorio**

- Usar bata
- No introducir alimentos ni bebidas al laboratorio
- Utilice charolas de poliestireno, papel cebolla o papel aluminio para pesar los reactivos, y siempre limpie perfectamente la espátula entre un reactivo y otro, para evitar la contaminación de éstos
- Las operaciones de pipeteo deberán ser realizadas con el uso de una pera de hule o algún otro dispositivo de succión controlable, evitando tanto como sea posible el uso de la boca.
- Utilice probetas para medir los volúmenes de solventes empleados en la preparación de las soluciones
- Utilice agitación magnética para disolver solutos durante la preparación de las soluciones
- Etiquete todas las soluciones que prepare, para evitar confusiones. Recuerde indicar en la etiqueta datos como su nombre, fecha de preparación, características de la solución o mezcla y el grupo o la materia para la que preparó lo que va a etiquetar.
- Lea cuidadosamente el manual de operación de cualquier equipo que vaya a utilizar, o siga las instrucciones del profesor.
- Antes de utilizar el potenciómetro, calíbrelo según el manual de operación correspondiente al equipo que vaya a emplear. Recuerde que, si va a trabajar en un pH preferentemente ácido, bastará con que calibre con las soluciones patrón de pH 4 y 7, mientras que si trabajará en la región del pH básico tendrá que utilizar entonces las soluciones reguladoras de pH 7 y 10 para la calibración del equipo.
- Cuando vaya a desarrollar prácticas que involucren el uso de microorganismos, refiérase a su manual de microbiología para el correcto desempeño.



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

**MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO**  
**Modelo por Competencias Profesionales**  
**Cinética Química y Biológica**



**PRÁCTICA 1. DETERMINACIÓN DE LA LEY DE VELOCIDAD DE UNA REACCION**

<b>CARRERA (S):</b>	Ingeniería Bioquímica		
<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b>	Cinética química y biológica		
<b>NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA</b>	3-2-5		
<b>NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE</b>	2 Cinética química		
<b>TEMA(S)</b>	2.2. Tipos de reacción y ecuación de la velocidad de reacción 2.3 Determinación de los parámetros cinéticos		
<b>COMPETENCIA A DESARROLLAR</b>	<p><i>Competencias instrumentales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de organizar y planificar</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera</li> </ul> <p><i>Competencias interpersonales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> </ul> <p><i>Competencias sistémicas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> </ul>		
<b>NO. DE PRACTICA</b>	1	<b>DURACION (HORAS)</b>	4

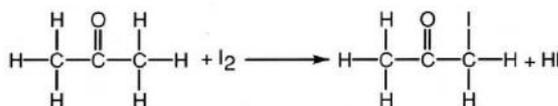
### ANTECEDENTES

La velocidad de una reacción, cuantificada como la aparición o desaparición de una sustancia en el tiempo, varía según la naturaleza de los reactivos que la conforman. En algunos casos, una reacción puede durar algunos segundos, mientras que en otros casos podría tomar siglos el completarla. Por lo tanto, es de suma importancia comprender la teoría y los factores que son relevantes en el desarrollo de una reacción química.

Muchas reacciones químicas incluyen como reactivos o productos sustancias

coloreadas, lo que provoca que a medida que la reacción se desarrolla varíe el color de la mezcla de reacción. En estos casos, es posible determinar la variación de la concentración de la sustancia coloreada en función del tiempo, midiendo el cambio de la intensidad del color. Esto puede realizarse haciendo uso del espectrofotómetro, que cuantifica la intensidad del color, midiendo la cantidad de luz que absorbe la muestra, magnitud que se conoce con el nombre de absorbancia y se simboliza como **A**. Si se mide la absorbancia de la solución a distintos tiempos, a medida que la reacción avanza, se puede calcular las concentraciones de la sustancia coloreada correspondientes a esos tiempos. Con estos datos es posible determinar la ley de velocidad para la reacción en estudio por el método integral

En esta práctica como reacción modelo se utilizará la halogenación de la acetona para comprobar la influencia de la concentración de los reactivos en la velocidad de reacción. Cuando el yodo es mezclado con acetona, ocurre la siguiente reacción:



Esta reacción es lenta en un intervalo de pH de 4 a 7, pero la velocidad se incrementa si el pH es menor a 3 o mayor a 7, por lo que es recomendable llevar a cabo la reacción en un medio ácido. Asumiendo que la yodación de acetona sigue una cinética simple, la ley de velocidad tiene la siguiente forma:

$$v = -\frac{\Delta(I_2)}{\Delta t} K [C_3H_6O]^a [I_2]^b [H^+]^c$$

De todos los reactivos participantes, el yodo es la única sustancia que da color a la solución y por tanto la absorbancia de la solución de reacción medida en el tiempo se puede utilizar para determinar la ley de velocidad, lo cual implica calcular el valor de la constante de velocidad, **k**, a la temperatura de trabajo, y los órdenes parciales con respecto a la acetona, yodo y ácido clorhídrico, **a**, **b** y **c** respectivamente.

Dadas las características del sistema en estudio, para simplificar la estimación de

dichos parámetros es conveniente utilizar el método de aislamiento de Ostwald, para diseñar los experimentos de tal manera que la concentración de uno de los reactivos cambie a medida que la reacción avanza, mientras los otros permanecen prácticamente constantes durante la reacción. De esta manera, se conseguirá analizar cómo varía la velocidad de la reacción en función de la concentración de un sólo reactivo, lo que simplificará la aplicación del método integral.

### **PREGUNTA GENERADORA**

¿Cuál es el valor de la constante de velocidad y el orden de la reacción química que describe la halogenación de la acetona?

¿Cuál es el efecto del catalizador sobre la rapidez de reacción?

### **ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

1. Realice una investigación para proponer las condiciones y mezclas de reacción que se utilizaran para determinar el efecto de la concentración de la acetona y el catalizador en la velocidad de reacción de la yodación de la acetona.
2. Diseñe los ensayos para determinar el efecto de la concentración de la acetona y el catalizador siguiendo el Método de Oswald.
3. Prepare las soluciones que servirán para llevar a cabo la reacción química: acetona, 1.33 M (500 mL); HCl, 0.323 M (100 mL); disolución de I<sub>2</sub>-I (100 mL): I<sub>2</sub>, 2mM y KI, 0.2 M.
4. Identifique la longitud de onda en la que se genera la máxima absorbancia de la disolución de I<sub>2</sub>-I, dentro del intervalo de 200 a 800 nm.
5. Elabore la curva patrón de la disolución de I<sub>2</sub>-I, generando al menos cinco diluciones distintas. Utilice la densidad óptica identificada como aquella en la que se obtuvo la lectura máxima en el punto anterior.
6. Efecto de la concentración de la acetona sobre la velocidad de reacción. Prepare las mezclas acetona-HCl y yodo-agua (según plantea clase). Para iniciar la reacción

adicione la acetona a la disolución de I<sub>2</sub>-I, mezclar el contenido rápidamente y medir la absorbancia en la longitud de onda máxima. Tomar lecturas en el espectrofotómetro hasta que la absorbancia tenga un valor de 0.3.

7. Efecto de la concentración del catalizador sobre la velocidad de reacción. Prepare las mezclas (según plantea clase). y adicionar a la acetona la disolución de I<sub>2</sub>-I para iniciar la reacción, mezclar el contenido rápidamente y medir la absorbancia en la longitud de onda máxima. Tomar lecturas hasta que la absorbancia tenga un valor de 0.3
8. Analice los datos siguiendo la metodología de Oswald para estimar el orden de reacción para la acetona, el yodo y el catalizador. Los datos experimentales se ajustaran a las ecuaciones de velocidad utilizando el Polymath.

#### **EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.**

- Diagrama de flujo en el que el estudiante conceptualice las actividades que desarrollará y distribuya los tiempos de práctica.
- Lecturas de absorbancias correspondientes a los barridos de longitud de onda, la curva patrón la disolución de I<sub>2</sub>-I y las lecturas de las muestras durante el desarrollo de la reacción de halogenación.
- Cálculos que desarrolló para identificar el valor de la constante de reacción y el orden que determina la expresión de la ley de velocidad de la misma, utilizando la metodología descrita en clase para el método de Ostwald para el ajuste de las ecuaciones.
- Reporte de laboratorio en el que se analicen y discutan los resultados obtenidos, dentro de un contexto teórico desarrollado por el estudiante y sustentado bibliográficamente. En éste, se espera que se reporte la ley de velocidad, identificando claramente la constante  $k$  de la reacción y el orden de la misma, para la acetona y el Iodo.
- A partir de los resultados presentados, se deberá centrar la discusión en la semejanza que pueda existir entre los valores teóricos (reportados por la bibliografía) y los valores estimados mediante la experimentación.



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

**MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO**  
**Modelo por Competencias Profesionales**  
**Cinética Química y Biológica**



**INSTRUMENTO DE EVALUACION (RUBRICA, LISTA DE COTEJO, ETC.)**

Se tendrán rúbricas de evaluación del planteamiento metodológico, el reporte de laboratorio, y una lista de cotejo para evaluar el desempeño del alumno durante el desarrollo de la práctica. Se anexan los formatos correspondientes.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Campos, E. Manual de química General II, curso de laboratorio práctico 6. Facultad de Química Universidad de la Republica Uruguay.
2. Vargas Rodríguez, Y.M. y Obaya Valdivia, A.E. 2005. Cálculo de parámetros de rapidez en cinética química y enzimática. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. pp. 53-56
3. Waddington, M.D. y Meani, J.E. 1978. The General Base Catalyzed Enolization of Acetone. Journal of Chemical Education 55(1): 60-61



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

**MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO**  
**Modelo por Competencias Profesionales**  
**Cinética Química y Biológica**



**PRÁCTICA 2. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA VELOCIDAD DE UNA  
REACCIÓN QUÍMICA**

<b>CARRERA (S):</b>	Ingeniería Bioquímica
<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b>	Cinética Química y Biológica
<b>NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA</b>	
<b>NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE</b>	2. Cinética química
<b>TEMA(S)</b>	2.4. Influencia de la temperatura sobre la velocidad de reacción. Ecuación de Arrhenius.
<b>COMPETENCIA A DESARROLLAR</b>	<p><i>Competencias genéricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender y determinar mediante datos experimentales, el valor de la constante de reacción y el valor de los parámetros cinéticos para la reacción de hidrólisis de la sacarosa catalizada químicamente.</li> </ul> <p><i>Competencias instrumentales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de organizar y planificar</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera</li> <li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li> </ul> <p><i>Competencias interpersonales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica y autocrítica</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario</li> </ul> <p><i>Competencias sistémicas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Habilidades de investigación</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Liderazgo</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> <li>• Búsqueda del logro</li> </ul>

<b>NO. DE PRACTICA</b>	2	<b>DURACION (HORAS)</b>	4
------------------------	---	-------------------------	---

### ANTECEDENTES

Para que una reacción química se lleve a cabo deben romperse algunos o todos los enlaces químicos de los reactivos para que puedan formarse los enlaces nuevos de los productos. Para que los enlaces de reactivos lleguen a un estado en el que puedan romperse es necesario suministrar una cierta cantidad de energía que permita la formación de un complejo activado (estado de transición). Debido a que el estado de transición es de alta energía, las moléculas de reactivo no pueden permanecer mucho tiempo en ese estado, sino que proceden al siguiente paso de la reacción química. En general, el estado de transición de una reacción siempre tiene un nivel de energía mayor que los reactivos o productos, independientemente de si la reacción es endergónica o exergónica.

La energía de activación de una reacción química se relaciona estrechamente con su velocidad. Específicamente, mientras mayor sea la energía de activación requerida, más lenta será la reacción química. Esto se debe a que las moléculas solo pueden completar la reacción una vez que han alcanzado la cima de la barrera de la energía de activación. Mientras más alta es la barrera, menos moléculas tendrán energía suficiente para superarla en cualquier momento dado.

La ecuación que relaciona la constante de velocidad con la temperatura, para una determinada reacción química es la ecuación de Arrhenius:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Donde A es una constante que tiene las mismas unidades que la constante de velocidad k;  $E_a$  es la energía de activación (unidades de energía) y R es la constante de los gases que se expresa en unidades compatibles con las de la energía de activación. En forma logarítmica, la ecuación puede expresarse:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} * \frac{1}{T}$$

La presente práctica tiene por objetivo mostrar el efecto que tiene la temperatura sobre la velocidad de reacción de yodación de la acetona y determinar su energía de activación.

### **PREGUNTA GENERADORA**

¿Se puede comprobar experimentalmente que la temperatura tiene algún efecto sobre la constante de velocidad de una reacción específica para un sistema homogéneo?

### **ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

1. En base a la investigación realizada en la práctica anterior diseñe los ensayos que permitirán estimar la energía de activación de la acetona
2. Se utilizarán las mismas soluciones de reactivos de la práctica anterior, solo la solución de acetona deberá prepararse nuevamente.
3. El efecto de temperatura sobre la rapidez de reacción se determinará de acuerdo al siguiente diseño experimental que se discutió en clase. Las mezclas de reacción que se preparan deberán mantener constantes las concentraciones de todos los reactivos y se incubarán las soluciones en el baño de agua con la temperatura indicada.
4. Para iniciar la reacción adicione la acetona a la disolución de I<sub>2</sub>-I, mezclar el contenido rápidamente y medir la absorbancia en la longitud de onda máxima hasta que se alcance un valor de absorbancia de 0.3.
5. Analice los datos siguiendo la metodología que se planteó en clase para estimar los parámetros cinéticos de la ecuación de Arrhenius. Utilice Polymath para ajustar el modelo a los datos experimentales.

### **EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRACTICA**

1. Diagrama de flujo en el que el estudiante conceptualice las actividades que desarrollará y distribuya los tiempos de práctica.
2. Tablas de resultados en las que se muestren los datos obtenidos al desarrollar las cinéticas de la reacción de yodación de la acetona a diferentes temperaturas.
3. Cálculos desarrollados para estimar el valor de la energía de activación ( $E_a$ ) que determina la expresión de Arrhenius.
4. Reporte de laboratorio en el que se analicen y discutan los resultados obtenidos, dentro de un contexto teórico desarrollado por el estudiante y sustentado bibliográficamente.
5. A partir de los resultados presentados, se deberá centrar la discusión en la semejanza que pueda existir entre los valores teóricos (reportados por la bibliografía) y los valores estimados mediante la experimentación

### **INSTRUMENTO DE EVALUACION (RUBRICA, LISTA DE COTEJO, ETC.)**

Se tendrán rúbricas de evaluación del planteamiento metodológico, el reporte de laboratorio, y una lista de cotejo para evaluar el desempeño del alumno durante el desarrollo de la práctica. Se anexan los formatos correspondientes.

### **BIBLIOGRAFIA**

1. Avery, S.A. Química básica y mecanismos de reacción. Editorial Reverte.
2. Anchyeta Juarez, J. Cinética Química para Sistemas Homogéneos. IPN. (2002)
3. Levenspiel, O. Ingeniería de las Reacciones Químicas. Ediciones Repla S.A. 1986.



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

**MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO**  
**Modelo por Competencias Profesionales**  
**Cinética Química y Biológica**



**PRACTICA 3. CINETICA ENZIMÁTICA, CALCULO DE LOS PARÁMETROS  
CINÉTICOS DE LA ECUACION DE MICHAELIS-MENTEN.**

<b>CARRERA (S):</b>	Ingeniería Bioquímica		
<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b>	Cinética Química y Biológica		
<b>NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA</b>			
<b>NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE</b>	4. Cinética enzimática		
<b>TEMA(S)</b>	4.3 Determinación experimental de los parámetros cinéticos de la ecuación de Michaelis-Menten y las transformaciones de ésta. 4.4 Efecto de condiciones del entorno: Efecto de la concentración de sustrato.		
<b>COMPETENCIA A DESARROLLAR</b>	<p><i>Específicas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar resultados obtenidos de experimentos realizados, con el propósito de conocer la dependencia de la velocidad de reacción con respecto a las concentraciones o presiones parciales de los reactivos.</li> </ul> <p><i>Instrumentales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera</li> <li>• Comunicación oral y escrita</li> </ul> <p><i>Interpersonales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo</li> </ul> <p><i>Sistémicas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender</li> </ul>		
<b>NO. DE PRACTICA</b>	3	<b>DURACION (HORAS)</b>	4

## ANTECEDENTES

La cinética enzimática es el análisis cuantitativo de cada uno de los factores que intervienen en la velocidad de la reacción. Existe una gran similitud entre las reacciones catalíticas químicas y las enzimáticas, por lo que la metodología de estudio para ambas es común. Sin embargo, existen algunas diferencias entre las enzimas y los catalizadores químicos.

Para cuantificar un proceso en el que la enzima transforma sustrato(s) en producto(s), es indispensable poder definir a qué velocidad se lleva a cabo la reacción enzimática. Dicha información es proporcionada por el modelo cinético de la reacción enzimática, conocido como la Ecuación de Michaelis-Menten. En la definición de dicho modelo es importante tomar en consideración que, buena parte de los datos existentes en la literatura, provienen de la forma clásica de caracterización bioquímica de una enzima. Esto es, a través de la medición de la velocidad inicial de reacción para una amplia gama de concentraciones de sustrato (entre 0.1 y 10 veces el valor del  $K_m$ ).

Generalmente, los datos de velocidad inicial vs concentración inicial del sustrato se grafican y se procesan a través de alguna de las múltiples representaciones gráficas del modelo de Michaelis-Menten, para obtener así los valores de la constante de afinidad de la enzima ( $K_m$ ) y la velocidad Máxima ( $V_{max}$ ) que ésta presenta sobre un sustrato específico.

La presente práctica pretende que el estudiante diseñe los experimentos que le permitirán calcular la velocidad inicial de una enzima, y a partir de este valor pueda calcular los parámetros cinéticos de la ecuación de Michaelis-Menten que corresponden a esa enzima en el sustrato específico con el que se está trabajando.

En esta práctica se medirá la actividad de celulasas utilizando carboxi metil celulosa (CMC) como sustrato, incubándose a temperatura y pH específicos. Se emplea un extracto comercial de una celulasa producida por *Aspergillus niger*. La forma de

cuantificar esa acción puede ser mediante la estimación del sustrato consumido o bien del producto formado. En esta práctica se cuantificará el producto, considerando que las celulasas al actuar sobre la celulosa liberan azúcares reductores, principalmente glucosa, que puede medirse como azúcares reductores por DNS. Para el desarrollo de la práctica cada equipo utiliza una concentración de sustrato diferente, incubando cuatro muestras a diferentes tiempos para determinar la velocidad inicial de la reacción.

#### **PREGUNTA GENERADORA**

¿Cómo se calculan los parámetros cinéticos  $V_{max}$  y  $K_m$  de una enzima en un sustrato específico?

#### **ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

1. Identificar el tiempo de reacción enzimática en el que es posible cuantificar la velocidad inicial de la enzima sobre el sustrato probado. Se sugiere tomar como base el tiempo de reacción sugerido en la referencia bibliográfica con la cual se estableció la técnica para cuantificar la actividad enzimática con la que está trabajando. Proponga los tiempos de reacción que ensayará a partir del concepto de velocidad inicial de la reacción enzimática.
2. Cuantificar la velocidad inicial de la enzima utilizando distintas concentraciones de sustrato. Para especificar dichas concentraciones, se recomienda al alumno considerar dos valores menores y tres valores mayores a los reportados en la teoría para la  $K_m$  de esa enzima sobre el sustrato que está utilizando.
3. Análisis de los resultados. A partir de las concentraciones de producto formado genere las gráficas de concentración con respecto al tiempo y obtenga la velocidad inicial de reacción. Con las velocidades iniciales estimadas y la concentración inicial de cada ensayo estime las constantes de la ecuación de Michaelis-Menten.

### **EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRACTICA**

6. Diagrama de flujo en el que el estudiante conceptualice las actividades que desarrollará y distribuya los tiempos de práctica.
7. Tablas y gráficas de resultados en las que se muestren los datos obtenidos al desarrollar la reacción enzimática a diferentes tiempos, mismos que servirán para estimar la velocidad inicial de la reacción enzimática. Posteriormente, el alumno deberá presentar los resultados que le permitirán calcular la velocidad inicial de la enzima ante cada concentración de sustrato empleada en la reacción.
8. Reporte de laboratorio en el que se analicen y discutan los resultados obtenidos, dentro de un contexto teórico desarrollado por el estudiante y sustentado bibliográficamente. En éste, se espera que se reporten datos como el tiempo en el que sucede la velocidad inicial de la reacción enzimática, las velocidades iniciales obtenidas al utilizar diferentes concentraciones de sustrato en la reacción y los parámetros enzimáticos calculados a partir de ello. A partir de los resultados presentados, se deberá centrar la discusión en la semejanza que pueda existir entre los valores teóricos (reportados por la bibliografía) y los valores estimados mediante la experimentación.

### **INSTRUMENTO DE EVALUACION (RUBRICA, LISTA DE COTEJO, ETC.)**

Se tendrán rúbricas de evaluación para el diagrama de flujo y el reporte de laboratorio, y una lista de cotejo para evaluar el desarrollo del procedimiento experimental. Se anexan los formatos correspondientes.

### **BIBLIOGRAFIA**

1. Levenspiel, O. 1979. *Ingeniería de las Reacciones Químicas*. Ediciones Repla S.A.
2. Bailey E. James, Ollis David F. 1986. *Biochemical Engineering Fundamentals*. Mc Graw-Hill. 2a Edición. México.
3. Voet, D. y Voet, J.G. 1995. *Biochemistry*. John Willey and Sons. 2a Edición.



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

**MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO**  
**Modelo por Competencias Profesionales**  
**Cinética Química y Biológica**



**PRACTICA 4. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA Y pH ÓPTIMOS DE UNA REACCIÓN CATALIZADA POR UNA ENZIMA**

<b>CARRERA (S):</b>	Ingeniería Bioquímica
<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b>	Cinética Química y Biológica
<b>NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA</b>	
<b>NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE</b>	4. Cinética Enzimática
<b>TEMA(S)</b>	4.4 Efecto de condiciones del entorno: Efecto de la temperatura
<b>COMPETENCIA A DESARROLLAR</b>	<p><i>Competencias genéricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender y determinará la influencia que tiene la variación de la temperatura sobre los valores de los parámetros cinéticos relevantes en una reacción catalítica</li> </ul> <p><i>Competencias instrumentales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de organizar y planificar</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera</li> <li>• Comunicación oral y escrita en su propia lengua</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li> </ul> <p><i>Competencias interpersonales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica y autocrítica</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario</li> <li>• Apreciación de la diversidad y multiculturalidad</li> </ul> <p><i>Competencias sistémicas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Habilidades de investigación</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Liderazgo</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> <li>• Búsqueda del logro.</li> </ul>

<b>NO. DE PRACTICA</b>	4	<b>DURACION (HORAS)</b>	4

## ANTECEDENTES

La actividad catalítica de una enzima depende tanto de su capacidad de adsorción del sustrato como de la formación del complejo enzima-sustrato. Este último aspecto estará controlado por aquellos factores que afectan la accesibilidad del sustrato (configuración física, morfología, cristalinidad y estructura química), por las características de la propia enzima, por las concentraciones relativas del sustrato y enzima, así como por las condiciones físicas de la reacción como son la temperatura y el pH. Al contrario de lo que sucede con las reacciones enzimáticas, las enzimas solo incrementan su actividad al aumentar la temperatura dentro de un pequeño intervalo, pues tienen un valor óptimo y por arriba o debajo de ese valor se pierde actividad debido a la desnaturalización de la enzima. El cambio de pH con respecto al óptimo tiene efectos similares, solo que desviaciones de algunas décimas por encima o por debajo del pH óptimo pueden afectar drásticamente su actividad.

Los estudios típicos de caracterización de una enzima considera a la determinación de la temperatura y pH óptimos como un elemento necesario para proyectar su aplicación en diferentes bioprocesos. Por ejemplo, algunas de las industrias que utilizan enzimas en sus procesos son la industria de la cerveza, de panificación, cárnicos; se involucran también en la elaboración de detergentes, en la industria textil y papelera e incluso en la síntesis de productos químicos.

Los estudios de caracterización suelen hacer moviendo un factor a la vez, es decir, se determina el efecto de la temperatura a pH y concentración de enzima constante; luego en la temperatura óptima se estudia el efecto del pH a concentración de enzima constante. En estos ensayos se mide la formación de producto o sustrato consumido,

prefiriendo los análisis espectrofotométricos por la sencillez de la medición.

Con base en lo anterior, la presente práctica tiene por objetivo que el estudiante determine el pH y la temperatura óptimos de una enzima, tomando como modelo de estudio una enzima hidrolítica.

### **PREGUNTA GENERADORA**

¿Se puede comprobar experimentalmente que la temperatura y el pH tienen algún efecto sobre la catálisis enzimática en una reacción específica?

### **ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

1. Realizar una investigación para determinar los intervalos de pH y temperatura adecuados para el estudio de la actividad de una enzima hidrolítica
2. Diseñar los ensayos para determinar la temperatura y pH óptimos de una enzima hidrolítica
3. Elegir la técnica que se usará para la medición de la actividad enzimática, preferentemente colorimétrica
4. Realizar ensayos para evaluar la actividad de la enzima en el intervalo de temperatura establecido, manteniendo constante el pH y la concentración de enzima
5. Realizar ensayos para evaluar la actividad de la enzima en el intervalo de pH establecido, a la temperatura óptima determinada y con una concentración de enzima constante
6. Realizar los gráficos de actividad versus pH y temperatura

### **EVIDENCIAS A GENERAR EN EL DESARROLLO DE LA PRACTICA**

- Diagrama de flujo en el que el estudiante conceptualice las actividades que desarrollará y distribuya los tiempos de práctica para la determinación de las

condiciones óptimas de operación de la invertasa.

9. Tablas de datos y gráficas que describan el efecto de la temperatura y el pH sobre la actividad de la enzima. A partir de las gráficas se podrá estimar la condición óptima de pH y temperatura.

- Reporte de laboratorio en el que se analicen y discutan los resultados obtenidos, dentro de un contexto teórico desarrollado por el estudiante y sustentado bibliográficamente. En éste, se espera que se reporten los datos de temperatura y pH en los cuales se desarrolla de manera óptima la reacción catalizada por la enzima. A partir de los resultados presentados, se deberá centrar la discusión en la semejanza que pueda existir entre los valores teóricos (reportados por la bibliografía) y los valores estimados mediante la experimentación.

-

#### **INSTRUMENTO DE EVALUACION (RUBRICA, LISTA DE COTEJO, ETC.)**

Se tendrán rúbricas de evaluación del planteamiento metodológico, el reporte de laboratorio, y una lista de cotejo para evaluar el desempeño del alumno durante el desarrollo de la práctica. Se anexan los formatos correspondientes.

#### **BIBLIOGRAFIA**

1. Chaplin MF (1986) Monosaccharides. En Chaplin MF, Kennedy JF. "Carbohydrate Analysis: A Practical Approach". IRL Press (Oxford, England).
2. Daniels, L: J. y Neal A. L. 1967. Laboratory Experiments in Biochemistry. Academic Press. N.Y.
3. Lehninger AL, Nelson, DL. Principios de bioquímica. 4a. ed. Barcelona: Ediciones Omega; 2005.



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

**MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO**  
**Modelo por Competencias Profesionales**  
**Cinética Química y Biológica**



**PRACTICA 5. ESTIMACION DE LOS PARAMETROS CINETICAS DE UN CULTIVO  
MICROBIANO**

<b>CARRERA (S):</b>	Ingeniería Bioquímica
<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA</b>	Cinética química y biológica
<b>NO. CRÉDITOS SATCA DE PRÁCTICA</b>	
<b>NOMBRE(S) DE LA(S) UNIDAD(ES) DE APRENDIZAJE</b>	5. Cinética microbiana
<b>TEMA(S)</b>	5.1 Estequiometría del crecimiento microbiano. Rendimientos. 5.2 Cinética de crecimiento. Ecuación de Monod.
<b>COMPETENCIA A DESARROLLAR</b>	<p><i>Específicas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprenderá los diferentes modelos cinéticos de crecimiento microbiano.</li> <li>• Analizará la influencia del sustrato en la cinética de crecimiento microbiano,</li> <li>• Determinar los parámetros cinéticos de crecimiento del modelo de Monod</li> </ul> <p><i>Genéricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar investigación y generar nuevas ideas.</li> <li>• Trabajar en equipo</li> </ul> <p><i>Instrumentales:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de organizar y planificar</li> <li>• Habilidad para buscar, discriminar y analizar información proveniente de fuentes diversas.</li> </ul> <p><i>Interpersonales:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica y autocrítica</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad de comunicación.</li> </ul> <p><i>Sistémicas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> </ul>

	• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.		
<b>NUM. DE PRÁCTICA</b>	5	<b>DURACION (HORAS)</b>	6

## ANTECEDENTES

Las ecuaciones que describen las velocidades de crecimiento en función de la concentración de nutrientes son expresiones cinéticas en el sentido de ingeniería química.

El caso más sencillo corresponde a un sistema en donde todos los nutrientes se encuentran en exceso a la demanda establecida por la estequiometría excepto uno que es el reactivo limitante (S). Para este caso se propuso una ecuación del tipo Langmuir, conocida como ecuación de Monod:

$$\mu = \frac{\mu_{m\acute{a}x} \cdot S}{K_s + S} \quad (1)$$

Este modelo ha sido utilizado para describir la dependencia de la tasa específica de crecimiento bajo limitación de carbono, nitrógeno y minerales en el medio de cultivo. En esta ecuación  $\mu_{m\acute{a}x}$  corresponde a la máxima tasa de crecimiento cuando  $S \gg K_s$  y es conocida como constante de saturación, y  $K_s$  corresponde al valor de S cuando  $\mu = \mu_{m\acute{a}x}/2$ .

La ecuación de Monod (ecuación 1) se basa en la suposición de que existe una reacción enzimática dentro de la célula que obedece a una cinética del tipo Michaelis-Menten. La cinética de Michaelis-Menten describe la reacción enzimática como función de la concentración de sustrato y se basa en la descripción del modelo del complejo activado enzima-sustrato; esta ecuación cinética tiene la misma forma que la ecuación de Monod,

hiperbólica. A pesar de la simplicidad de esta ecuación, es ajustada en muchos experimentos de fermentación aunque tienen suposiciones implícitas que requiere tener precauciones en su uso. Existen otras ecuaciones que describen la velocidad específica de crecimiento en función de la concentración de sustrato, tales como la Teisser, Moser y Contois. La ecuación de Moser es la de Monod con otro parámetro de ajuste y la de Contois requiere conocer el número de células además de la concentración de sustrato.

El objetivo de la presente práctica es que el estudiante desarrolle un cultivo por lotes para producir ácido láctico con una cepa de *Lactobacillus* sp., para medir el crecimiento, consumo de sustrato y producto formado. Cada equipo trabajará con una concentración de sustrato diferente.

#### **PREGUNTA GENERADORA**

¿Cómo afecta la concentración inicial de sustrato en la velocidad de crecimiento de un microorganismo?

¿Cómo se determinan los parámetros cinéticos de la ecuación de Monod a partir de datos experimentales?

#### **ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

1. Realizar una investigación bibliográfica sobre la producción bacteriana de ácido láctico para diseñar los ensayos en los que se evaluará la producción de ácido láctico, biomasa y sustrato residual.
2. Investigar las técnicas que pueden utilizarse para la cuantificación del ácido láctico, formación de biomasa y sustrato residual (se elegirá a la glucosa como sustrato).
3. Preparar el medio de cultivo para la producción del ácido láctico y producir el inóculo con la cepa bacteriana proporcionada por el profesor. Cada equipo utilizará una

concentración de glucosa diferente.

4. Correr la cinética de producción del ácido láctico en las condiciones establecidas y tomar muestras a diferentes tiempos.
5. Analizar las muestras para cuantificar la concentración de biomasa, glucosa y ácido láctico
6. Generar tablas de resultados en las que se muestre las concentraciones de glucosa, biomasa y ácido láctico obtenidas durante el tiempo de operación.
7. Obtener el rendimiento  $Y_{x/s}$  a partir de los resultados consumo de azúcar y formación de biomasa después de la fermentación.
8. Utilice los resultados de todos los equipos para calcular los valores de los parámetros cinéticos de la ecuación de Monod e integre todo los elementos anteriores y redacte un informe final.

#### **INSTRUMENTO DE EVALUACION (RUBRICA, LISTA DE COTEJO, ETC.)**

Se tendrá una rúbrica de evaluación del planteamiento metodológico, para el reporte de laboratorio, además de una lista de cotejo para evaluar el desempeño del alumno en el laboratorio. Se anexan al presente formato las rúbricas y lista de cotejo correspondientes.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

1. Atkison, B. (1986). Reactores Bioquímicos. Reverté, España.
2. Bailey, J.E. y Ollis, D (1987) Biochemical Engineering Fundamentals 2<sup>a</sup>. Ed. Mc Graw Hill Book Co. EUA.
3. Quintero, R.R. (1993) Ingeniería Bioquímica, Alhambra Mexicana, México.
4. Wang, D.I.C; Cooney, C.L, Demain, A.L, Dunnill, P; Humphrey, A.E. y Lilly, M.D. (1979) Fermentation and Enzyme Technology, John Willey and Sons. New York.

5. Fogler Scott H. (2001). Elementos de ingeniería de las reacciones Químicas, Prentice Hall. México.
6. Levenspiel O. (2002) El omnilibro de los reactores químicos, Editorial Reverté, Barcelona.

#### FIRMAS

<p>Dra. Mayola García Rivero</p> <p>Responsable</p>	<p>Dra. María Aurora Martínez Trujillo</p> <p>Colaborador</p>
---	---



## MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO Modelo por Competencias Profesionales



### RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Para evaluar el planteamiento metodológico de la práctica, se considerarán las siguientes secciones:

1. Fuentes consultadas
2. Información obtenida
3. Diagrama de bloques

Criterios	Indicadores			
	Sobresaliente	Buen trabajo	Debajo del promedio	deficiente
Fuentes consultadas	Todas las fuentes consultadas son artículos científicos indexados.  <b>1.0</b>	Un 75 % de las fuentes consultadas son artículos científicos indexados.  <b>0.75</b>	Menos del 50% de las fuentes consultadas son artículos científicos indexados.  <b>0.5</b>	Ninguna de las fuentes consultadas puede ser catalogada como artículo indexado  <b>0.0</b>
Análisis de la Información obtenida	Incluye un resumen adecuado de la información publicada con respecto al tema que se estudiara en la práctica. Dicha información se redacta de tal manera que permite el enfoque o estrategia que se utilizará para resolver el problema planteado y está debidamente referenciada.	Incluye un resumen adecuado de la información publicada con respecto al tema que se estudiará en la práctica, pero tiene problemas de redacción y por ende no permite entender la estrategia que se utilizará para resolver el problema planteado y/o no está debidamente referenciada.	Incluye un resumen adecuado de la información publicada con respecto al problema a resolver, pero mezcla información que aunque tiene alguna relación con éste, no es congruente con el enfoque de la práctica.	La información presentada no permite ubicar la tendencia de la práctica, debido a que los datos se presentan de manera desarticulada y no se utilizan referencias o éstas no son suficientes ni adecuadas.



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

## MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO Modelo por Competencias Profesionales



	3.0	2.0	1.0	0.0
Diagrama de bloques	Las actividades fueron desglosadas adecuadamente y es fácil distinguir las variables dependientes e independientes.	Se pueden distinguir las variables dependientes de las independientes, sin embargo hay imprecisiones en el desglose de las actividades.	<b>No logra diferenciar entre las variables dependientes y las independientes, y hay imprecisiones en el desglose de las actividades.</b>	No logra diferenciar entre las variables dependientes y las independientes. EL diagrama de bloques se presenta de manera desarticulada.
	2.0	1.0	0.5	0.0

Máximo puntaje: 6 = 10



## MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO Modelo por Competencias Profesionales



### LISTA DE COTEJO PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DEL ALUMNO EN EL LABORATORIO

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

Asignatura: \_\_\_\_\_ Práctica a evaluar: \_\_\_\_\_

CRITERIOS	Sí	No
Identifica la meta central de la práctica		
Aplica sus conocimientos para la resolución del problema experimental		
Participa activamente en la organización de las actividades experimentales del equipo		
Aporta nuevas ideas sustentadas (es creativo) en los conocimientos que ha adquirido, para el desarrollo óptimo de la práctica.		
Es analítico en sus opiniones y en la de sus compañeros		
Se involucra en el trabajo experimental		
Es hábil en el manejo de reactivos, materiales y equipo		
Trabaja de manera ordenada y limpia en el laboratorio		
Escucha con respeto la participación de los demás		
Contribuye a generar un ambiente cordial durante el desarrollo de las actividades realizadas en el laboratorio		
PUNTAJE TOTAL		

#### Escala de desempeño propuesta:

Si = 1 punto

No = 0 puntos

## RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Para evaluar el reporte de laboratorio, se considerarán las siguientes secciones:

1. Marco teórico
2. Objetivos
3. Metodología
4. Presentación y discusión de resultados
5. Conclusiones
6. Referencias bibliográficas

Criterios	Indicadores			
	Sobresaliente	Buen trabajo	Debajo del promedio	Deficiente
Ortografía y gramática	No presenta errores ortográficos y de redacción en general.  <b>3.0</b>	Presenta menos de 10 errores ortográficos y de redacción en general.  <b>2.0</b>	Presenta menos de 20 errores ortográficos y de redacción en general.  <b>1.0</b>	Posee más de 20 errores ortográficos  <b>0.0</b>
Marco teórico	Incluye un resumen adecuado de la información publicada con respecto al tema que se estudió en la práctica. Dicha información se redacta de tal manera que permite justificar la investigación y el enfoque o estrategia que se utilizó para resolver el problema planteado y está debidamente referenciada.  <b>3.0</b>	Incluye un resumen adecuado de la información publicada con respecto al tema que se estudió en la práctica, pero ésta tiene problemas de redacción y por ende no justifica la investigación y el enfoque o estrategia que se utilizó para resolver el problema planteado y/o no está debidamente referenciada.  <b>2.0</b>	Incluye un resumen adecuado de la información publicada con respecto al problema a resolver, pero mezcla información que aunque tiene alguna relación con éste, no es congruente con el enfoque de la investigación.  <b>1.0</b>	La revisión de bibliografía no permite ubicar la tendencia de la investigación, debido a que los datos se presentan de manera desarticulada y no se utilizan referencias o éstas no son suficientes ni adecuadas.  <b>0.0</b>



## MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO

### Modelo por Competencias Profesionales



Objetivos planteados.	Los objetivos fueron redactados adecuadamente y es fácil distinguir las variables dependientes e independientes del estudio en ellos.  <b>1.5</b>	Se pueden distinguir las variables dependientes de las independientes, sin embargo hay ambigüedad en la redacción de los objetivos.  <b>1.0</b>	Se distinguen las variables dependientes e independientes, sin embargo, no es clara la relación que pudieran guardar entre ellas. La posibilidad de ser medidas es cuestionable.  <b>0.5</b>	No logra diferenciar entre las variables dependientes, independientes, no es claro cómo se logrará realizar una prueba empírica.  <b>0.0</b>
Metodología	Describe adecuadamente la forma en que se llevaron a cabo los experimentos, distingue entre variables dependientes e independientes y detalla los cálculos necesarios para obtener los resultados a partir de esas variables  <b>2.0</b>	Describe adecuadamente la forma en que se llevaron a cabo los experimentos, distingue entre variables dependientes e independientes, pero no detalla los cálculos necesarios para obtener los resultados a partir de esas variables  <b>1.5</b>	Describe la forma en que se llevaron a cabo los experimentos, pero no es clara la diferencia entre variables dependientes e independientes y no se detallan los cálculos necesarios para obtener los resultados a partir de esas variables  <b>1.0</b>	No explica la forma en que se hicieron los experimentos, no es clara la diferencia entre las variables dependientes e independientes, involucra variables de respuesta que no se habían considerado en los objetivos y no detalla los cálculos necesarios para obtener los resultados a partir de estas variables.  <b>0.5</b>
Discusión de resultados	Los datos presentados están relacionados directamente con los objetivos del estudio.  La discusión guía al lector con una secuencia lógica de ideas, para convencerlo del argumento que se utiliza.  Usan en la interpretación de resultados, estudios previos para comparar y validar los datos presentados.	Los datos presentados están relacionados directamente con los objetivos del estudio.  No es clara la secuencia lógica de resultados.  Usan en la interpretación de resultados, estudios previos para comparar y validar los datos presentados.	Los datos presentados no están relacionados directamente con los objetivos del estudio.  Usan en la interpretación de resultados, estudios previos para comparar y validar los datos presentados.	Los datos presentados están desarticulados, y es difícil relacionarlos.  <b>1.0</b>



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

## MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO Modelo por Competencias Profesionales



	4.0	3.0	2.0	
Conclusiones	<p>Hay una clara relación de los resultados obtenidos con los objetivos planteados, destacando los aspectos más importantes de la investigación.</p> <p>1.5</p>	<p>Se destacan los aspectos más importantes de la investigación, pero no es muy clara la relación de los resultados con los objetivos planteados</p> <p>1.0</p>	<p>Se hace un resumen de los resultados o se continúan discutiendo copiando lo que se encontró en la bibliografía.</p> <p>0.5</p>	<p>Se emiten opiniones personales que intentan explicar los resultados obtenidos, sin destacar los principales hallazgos y no existe relación entre éstos y los objetivos planeados.</p> <p>0.0</p>
Referencias bibliográficas	<p>Todas las referencias citadas aparecen en esta sección y viceversa. Las referencias se hacen según los criterios establecidos (Formato APA) y están completas.</p> <p>3.0</p>	<p>Las referencias se hacen según los criterios establecidos (Formato APA) y están completas pero no todas las referencias citadas aparecen en esta sección y/o viceversa.</p> <p>2.0</p>	<p>Las referencias no cumplen con los criterios establecidos (Formato APA) y están completas pero no todas las referencias citadas aparecen en esta sección y/o viceversa.</p> <p>1.0</p>	<p>Las referencias no cumplen con los criterios establecidos (Formato APA), no están completas, no todas las referencias citadas aparecen en esta sección y/o son tomadas de los motores de búsqueda prohibidos (Wikipedia, monografías, etc) o de blogs.</p> <p>0.0</p>

Máximo puntaje: 18 = 10