

Programa del Curso de Fisicoquímica I

Facultad de Ciencias
Universidad de la República

Tercer semestre de la Licenciatura en Bioquímica. Diferentes módulos del curso se ofrecen a los estudiantes de las carreras y licenciaturas de la UdelaR.

- Licenciatura en Bioquímica: módulos I, II, III, IV y V
- Carrera de Medicina: módulo I, módulo V (opcional)
- Licenciatura en Biología Humana: Pueden seleccionar cualquiera de los módulos. En el caso de seleccionar los módulos III y/o IV, deberá seleccionar también sus respectivos complementos teóricos (módulo I y II, respectivamente)
- El módulo V es ofrecido para todos los estudiantes universitarios

Créditos asignados:

Módulo I: Teórico de Termodinámica (10 créditos)

Módulo II: Teórico de Cinética (2 créditos)

Módulo III: Laboratorio de Termodinámica (2 créditos)

Módulo IV: Laboratorio de Cinética (1 crédito)

Módulo V: Seminario de Investigación en Fisicoquímica (1 crédito)

Para los estudiantes de la Licenciatura en Bioquímica, los contenidos obligatorios previstos en el Plan de Estudios 2016 están incluidos en los módulos de I a V, con un total de créditos de 16.

Área del conocimiento o área temática dentro del plan de estudios:

Química

Responsables del curso:

Curso Teórico: Dr. Eduardo Méndez (emendez@fcien.edu.uy)

Curso Práctico y Seminarios de Investigación: Dra. María F. Cerdá (fcerda@fcien.edu.uy)

Laboratorio de Biomateriales, Instituto de Química Biológica

Facultad de Ciencias, Anexo Norte, Piso 2, Laboratorio 205

Tel/Fax: 25258618, int. 213

Contenidos previos recomendados:

Conocimientos sólidos en las siguientes áreas:

i) Matemáticas

ii) Química Analítica

iii) Laboratorio de medidas experimentales

Los contenidos del curso son mejor aprovechados con la simultaneidad con Bioquímica y Biofísica.

Conocimientos sugeridos:

Cálculo diferencial e integral; manejo de técnicas volumétricas y espectrofotométricas, sólido manejo de cálculos estequiométricos, manejo de nomenclaturas inorgánica y orgánica; manejo de instrumentos de medida física, colecta y procesamiento de datos experimentales, nociones básicas de estadística.

Objetivo del curso:

a) En el marco del plan de estudios

Aportar las herramientas fundamentales de Termodinámica y Cinética Formal, para comprender los procesos fisicoquímicos que se dan a todo nivel, incluyendo los sistemas biológicos y bioquímicos, la transformación de la materia, y las condiciones para que los procesos tengan lugar. Por otra parte, se busca capacitar al estudiante en el manejo de modelos matemáticos y modelos moleculares, en el marco de Leyes y Teorías, respectivamente, así como la validación experimental de los mismos. Los conocimientos en estas áreas resultan fundamentales para la mejor comprensión de temas contenidos en cursos posteriores, como Fisicoquímica Moderna, Fisicoquímica Biológica, Inmunología y Microbiología.

b) En el marco de la formación profesional

Tanto por su contenido teórico, como por las herramientas experimentales que se exploran en el práctico, se trata de un curso básico en la formación profesional del Licenciado en Bioquímica, más allá de las futuras especializaciones que se opten para la graduación o posgraduación.

c) Conocimientos o metodologías que se pretenden desarrollar en el curso

Los módulos componentes del curso incluyen las leyes de la Termodinámica y la Cinética Formal. En ambos casos, se aplican estos conocimientos a la mejor comprensión de los fenómenos biológicos y bioquímicos, incluyendo la estabilidad de las macromoléculas, las transferencias de energía en los sistemas biológicos y bioquímicos, los procesos de autoensamblado bioquímico y biológico, bioenergética y termodinámica de las rutas metabólicas, y la cinética formal aplicada diversos sistemas químicos, bioquímicos y biológicos. Para ello se aplican modelos matemáticos y moleculares, que el estudiante validará a través de las actividades experimentales.

Temario desarrollado:

Curso Teórico:

El curso Teórico está formulado en base a dos grandes módulos:

Módulo I: Termodinámica

Módulo II: Cinética Formal

MÓDULO I. TERMODINÁMICA (38 clases)

Las clases teóricas incluyen la resolución de ejercicios

I.1 – PROPIEDADES DE LOS GASES, LOS SÓLIDOS Y LOS LÍQUIDOS (9 clases)

I.1.1 – La naturaleza de los gases.

Descripción del comportamiento de los gases, dependencia con la presión, la temperatura y el volumen. Modelo matemático del gas perfecto. Mezcla de gases, Ley de Dalton. Modelo molecular del gas perfecto. Teoría cinética de los gases. Distribución de Maxwell-Boltzmann. Difusión y efusión. Densidad de los gases. Gases reales. Modelo molecular y matemático de van der Waals. Otros modelos para gases: factor de compresibilidad, modelo virial. Presión barométrica. Medidas y unidades de presión.

Aplicaciones en Bioquímica: flotabilidad de los peces.

I.1.2 – El enlace químico.

Enlace iónico. Enlace covalente. Enlace metálico. Fuerzas intermoleculares. Enlace de Hidrógeno. Fuerzas entre dipolos permanentes e inducidos.

Aplicaciones en Bioquímica: interacciones por puente de Hidrógeno entre bases nucleotídicas. Interacciones débiles entre cadenas carbonadas en membranas lipídicas y liposomas.

I.1.3 – La naturaleza de los sólidos.

Sólidos iónicos, sólidos metálicos, sólidos moleculares y sólidos amorfos. Carbono y sus formas alotrópicas: grafito, diamante, grafeno, nanotubos de carbono y fullerenos. Nanopartículas metálicas.

Aplicaciones en Bioquímica: Nanotecnología en bioquímica.

I.1.4. – La naturaleza de los líquidos.

Propiedades. Densidad y viscosidad. Medidas de densidad y viscosidad. Flujo laminar y flujo turbulento. Viscosidad de disoluciones de macromoléculas. Viscosidad relativa, viscosidad específica y viscosidad intrínseca.

Aplicaciones en Bioquímica: Estimación de la forma hidrodinámica y del punto isoeléctrico de las proteínas por medidas de viscosidad. Proteínas plasmáticas y viscosidad de la sangre.

I.2 – DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS TERMODINÁMICOS (3 clases)

Descripción termodinámica del Universo: sistema, ambiente y frontera. Clasificación de los sistemas en función de la permeabilidad de la frontera. Propiedades del sistema. Propiedades extensivas e intensivas. Estado del sistema. Equilibrios mecánico, térmico, químico y termodinámico. Equilibrio estacionario. Definición de trabajo y calor. Relación matemática entre las propiedades de un sistema. Ecuaciones de estado, ecuaciones paramétricas y ecuaciones viriales. Grados de libertad de un sistema: Regla de las Fases. Descripción matemática de un sistema. Diferenciales exactas e inexactas. Criterio de Euler. Integrales definidas e integrales de línea. Cambio en las propiedades de un sistema. Procesos reversibles e irreversibles. Estados inicial y final de un proceso.

Aplicaciones en Bioquímica: Descripción termodinámica de diversos sistemas bioquímicos.

I.3 – PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA (2 clases)

Relación entre calor y trabajo. Definición de la función de estado energía interna (U). Formulación matemática de la Primera Ley. Carácter axiomático de la Primera Ley. Interpretación molecular de los cambios energéticos. Cantidades medibles en Termodinámica: transferencia de trabajo a presión constante. Transferencia reversible de trabajo a temperatura constante. Transferencia de calor a volumen constante. Transferencia de calor a presión constante. Definición de la función de estado entalpía (H). Dependencia de la capacidad calorífica con la trayectoria: capacidad calorífica a presión constante y capacidad calorífica a volumen constante. Procesos adiabáticos. Propiedades térmicas del agua.

Aplicaciones en Bioquímica: temperatura en animales poiquilotermos y mamíferos. Mecanismos de perspiración.

I.4 – APLICACIONES DE LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA (3 clases)

El estado estándar para la entalpía. Nomenclatura (normas IUPAC). Reacciones y transiciones químicas y físicas de la materia como procesos. Entalpías asociadas a los procesos químicos y fisicoquímicos. Transiciones de fase: sublimación, vaporización, fusión. Desnaturalización proteica, fusión de membranas lipídicas. Energías de enlace. Dependencia de la entalpía con la temperatura. Ecuación de Kirchhoff. Fuente de datos termodinámicos para el estado de referencia químico (*Handbooks*, libros, revistas, *web*). Técnicas experimentales. Calorimetría convencional y entalpía calorimétrica. Calorimetría diferencial de barrido (DSC). Simulación de perfiles térmicos de DSC para la hipótesis Termodinámica del proceso de desnaturalización.

Aplicaciones en Bioquímica: Trabajo de respiración. Acción de los anestésicos medida por DSC.

I.5 – LA ENTROPÍA Y LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA (3 clases)

Definición de la función de estado entropía (S). Segunda Ley de la Termodinámica. Carácter axiomático de la Segunda Ley. Interpretación macro y microscópica de la entropía. Entropía de los procesos reversibles. Procesos reversibles de un gas perfecto. Entropía y procesos irreversibles: irreversibilidad mecánica externa, irreversibilidad mecánica interna, irreversibilidad térmica externa. Disipación de energía. Estado estándar para la entropía. Entropía absoluta. Influencia de la temperatura. Cambio de entropía para los procesos de transición.

Aplicaciones en Bioquímica: Disipación de calor durante la vida.

I.6 – ENERGÍA DE GIBBS (3 clases)

Definición de la función de estado energía de Gibbs (G). Definición de la función de estado energía de Helmholtz (A). Relación con el trabajo útil. El estado estándar para la energía de Gibbs. Influencia de la temperatura. Criterio de espontaneidad.

Aplicaciones en Bioquímica: Relaciones entre las propiedades termodinámicas para los procesos de autoensamblado biológico. Hidrólisis del ATP. Análisis por ITC.

I.7 – EQUILIBRIO FÍSICO (5 clases)

I.7.1 – Termodinámica de las sustancias puras

Ecuaciones de Maxwell. Cambio en el volumen de las sustancias: coeficientes de compresibilidad isotérmico y adiabático, coeficiente de dilatación isobárico. El potencial químico de una sustancia pura. Estabilidad de fases. Equilibrio de fases. Diagramas P-T. Modelos matemáticos para los equilibrios de fases. Ecuación de Clapeyron. Ecuación de Clausius-Clapeyron. Verificación experimental de los modelos matemáticos. Entalpía de van't Hoff.

I.7.2 – Mezcla de sustancias

Cantidades molares parciales. Energía de Gibbs molar parcial. Ecuación de Gibbs-Duhem. Termodinámica de la mezcla de gases.

I.7.3 – Potencial químico de los líquidos

Soluciones ideales. Soluciones ideales diluidas. Termodinámica de la mezcla de líquidos.

Propiedades coligativas: elevación del punto de ebullición, disminución del punto de fusión, presión osmótica. Modelo molecular para las disoluciones: modelo del impedimento de la evaporación, modelo del pseudo-gas de Mysels. Soluciones reales. Coeficientes de actividad. Estado de referencia molal.

Aplicaciones en Bioquímica: Ejemplos de propiedades coligativas en gastronomía molecular.

I.8 – EQUILIBRIO QUÍMICO (4 clases)

Definición de la función de estado energía de Gibbs (G). Definición de la función de estado energía de Helmholtz (A). Relación con el trabajo útil. Criterio de espontaneidad. El estado estándar para la energía de Gibbs. Influencia de la temperatura. Ecuación de van't Hoff. Constantes aparentes y termodinámicas. Incidencia de la fuerza iónica: modelo de Davies.

Aplicaciones en Bioquímica: Relaciones entre las propiedades termodinámicas para los procesos de autoensamblado biológico. Hidrólisis del ATP en el estado de referencia químico.

I.9 – TERMODINÁMICA BIOQUÍMICA (6 clases)

Desarrollo histórico. Recomendaciones de la IUBMB. Ecuaciones químicas y bioquímicas. Reglas para formular ecuaciones bioquímicas. Efecto del pH, fuerza iónica y concentración de Mg^{2+} en las reacciones bioquímicas. Estado estándar biológico, bioquímico y cuasi-fisiológico. Tablas de propiedades termodinámicas transformadas. Fuente de datos termodinámicos para los estados de referencia biológico y bioquímico (*Handbooks*, libros, revistas, *web*). Cálculo del cambio en las propiedades termodinámicas transformadas en las reacciones bioquímicas. Termodinámica de las rutas metabólicas. Termodinámica de la hibridación del ADN. Modelo BPNN (*Base Pair Nearest Neighbors*). Tablas de Santa Lucía. Compensación entálpico-entrópica en procesos bioquímicos.

Aplicaciones en Bioquímica: Hidrólisis del ATP y análisis termodinámico de las vías glicolítica, pentosas fosfato, ciclo de Krebs, etc., en el estado de referencia bioquímico y cuasi-fisiológico. Fundamentos termodinámicos de la técnica de PCR (*Protein Chain Reaction*).

MÓDULO II. CINÉTICA FORMAL (8 clases)

Las clases teóricas incluyen la resolución de ejercicios

II.1 – CINÉTICA QUÍMICA (4 clases)

Definiciones. Velocidad de reacción. Ley de velocidad, constante de velocidad y orden de reacción. Clasificación de las reacciones de acuerdo con su cinética: reacciones elementales, reacciones compuestas, reacciones en cadena. Métodos de análisis de datos experimentales cinéticos. Método diferencial. Método integral: reacciones de orden 0, 1 y 2. Método del aislamiento. Método de la vida media. Reacciones compuestas: definiciones y leyes de velocidad. Reacciones en paralelo. Reacciones opuestas. Reacciones consecutivas. Reacciones con retroalimentación. Simplificación de las leyes cinéticas de reacciones compuestas. Hipótesis del estado estacionario. Métodos experimentales para realizar estudios cinéticos. Influencia de la temperatura en la velocidad de reacción. Ley de Arrhenius. Ley de Kooij.

II.2 – MECANISMOS DE REACCIÓN (4 clases)

Cinética microscópica. Indicios de la existencia de un mecanismo de reacción. Etapas de un mecanismo de reacción. Análisis de un mecanismo de reacción. Mecanismos de reacción clásicos. Mecanismo de Lindemann-Hinshelwood. Teoría del estado de transición (Eyring). Relación entre las teorías de Arrhenius y de Eyring.

Curso Práctico:

El curso Práctico está formulado en base a tres grandes módulos:

Módulo III: Laboratorio de Termodinámica

Módulo IV: Laboratorio de Cinética

Módulo V: Seminario de Investigación en Fisicoquímica

MÓDULO III: LABORATORIO DE TERMODINÁMICA (5 clases)

III.1 – Propiedades de la materia

Ilustración práctica de los conceptos de propiedad aditiva, propiedades de los líquidos, interacciones intermoleculares. Se verificarán modelos matemáticos y moleculares empleando principalmente métodos de ajuste lineal.

Ejemplos de prácticas:

- i) Densidad y viscosidad de soluciones de proteínas
- ii) Procesos de autoensamblado
- iii) Propiedades aditivas: absorbancia, índice de refracción, etc.

III.2 – Propiedades termodinámicas de procesos bioquímicos

Métodos de determinación de las propiedades termodinámicas (ΔH , ΔS y ΔG) asociadas a procesos bioquímicos, empleando propiedades aditivas. Se emplearán modelos matemáticos y moleculares adecuados al proceso en estudio.

Ejemplos de prácticas:

- i) Desnaturalización proteica inducida químicamente (uso del modelo termodinámico de desnaturalización y del modelo LEM de tratamiento de datos)
- ii) Desnaturalización proteica inducida térmicamente (uso del modelo termodinámico de desnaturalización y modelos lineales para el tratamiento de datos)
- iii) Simulación del perfil calorimétrico del proceso de desnaturalización proteica (uso del modelo termodinámico de desnaturalización y modelos no lineales para el tratamiento de datos)
- iv) Simulación de los cambios en el perfil calorimétrico de proteínas en su interacción con diferentes ligandos (uso del modelo termodinámico de desnaturalización y modelos no lineales para el tratamiento de datos)
- v) Determinación del coeficiente de reparto y logP para distintos aminoácidos. Incidencia de la fuerza iónica (uso de propiedades aditivas, y modelo de Davies para la fuerza iónica)
- vi) Equilibrio de asociación de complejos de interés bioquímico (uso de propiedades aditivas, y modelo de Davies para la fuerza iónica)

MÓDULO IV: LABORATORIO DE CINÉTICA (2 clases)

IV.1 – Cinética formal

Ilustración práctica de los métodos de análisis de datos experimentales, aplicando los métodos: diferencial, integral, de aislamiento y vida media. Empleo de propiedades aditivas para la medida de la concentración, y de métodos lineales y no lineales de análisis de datos.

Ejemplos de prácticas:

- i) Descomposición de la murexida (método integral)
- ii) Reacción entre el tiosulfato y el yoduro (método diferencial)

IV.2 – Cinética compleja

Ilustración práctica de los métodos de análisis de datos experimentales, aplicando los métodos: diferencial, integral, de aislamiento y vida media, para cinéticas complejas. Empleo de propiedades aditivas para la medida de la concentración, y de métodos lineales y no lineales de análisis de datos.

Ejemplos de prácticas:

- i) Desnaturalización proteica (mecanismo de reacciones opuestas, análisis de datos por métodos no lineales)

MÓDULO V: SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN FISICOQUÍMICA (3 clases)

Análisis de un trabajo científico, o propuesta de un desafío experimental, para que el estudiante aplique los conocimientos teórico-prácticos adquiridos en el curso. Los Seminarios incluirán también discusión y profundización de los conceptos desarrollados en el curso práctico.

Ejemplos de Seminarios

- i) Análisis de un trabajo científico desde el punto de vista de los métodos experimentales y del tratamiento de datos
- ii) Elaboración de un protocolo experimental y de análisis de datos para un dado desafío experimental propuesto por el docente
- iii) Elaboración de una breve revisión sobre un tópico de interés en Físicoquímica.

Bibliografía

En todos los casos se ejemplifica alguna edición de cada libro, pero pueden existir ediciones en español, y más actualizadas.

a) Fundamental

- P. Atkins, J. De Paula. *Physical Chemistry for the Life Sciences*. W.H. Freeman & Co. (2011)
- R. Chang. *Physical Chemistry for the Biosciences*. University Science Book (2005)
- G. G. Hammes, S. Hammes-Schiffer. *Physical Chemistry for the Biological Sciences*. 2^{da} edición. John Wiley & Sons (2015)

- P. Atkins, J. de Paula. *Physical Chemistry*. 9ª edición. Oxford University Press (2010)
- C. W. Garland, J. W. Nibler, D. P. Shoemaker. *Experiments in Physical Chemistry*. 8ª edición. McGraw-Hill (2003).
- P. Atkins, J. de Paula. *Elements of Physical Chemistry*. 5ª edición. W.H. Freeman & Co. (2009).

b) Complementaria (manuales, divulgación, interés general, interés específico)

- IUPAC. Quantities. *Units and Symbols in Physical Chemistry*. 3ª edición. RSC Publishing (2007).
- M. Koppmann. *Manual de gastronomía molecular: el encuentro entre la ciencia y la cocina*. 2ª edición. Siglo Veintiuno Editores (2011).
- M. Koppmann. *Nuevo manual de gastronomía molecular*. 1ª edición. Siglo Veintiuno Editores (2012).
- U. von Stockar, T. Maskow, V. Vojinovic. *Biothermodynamics: the role of thermodynamics in biochemical engineering*. Taylor and Francis Group (2013).
- R. A. Alberty. *Thermodynamic of biochemical reactions*. Wiley Interscience (2003).
- R. A. Alberty. *Biochemical Thermodynamics: applications of Mathematica* (2006).
- NIST Standard Reference Database 74. http://xpdn.nist.gov/enzyme_thermodynamics

Modalidad de cursada:

Curso presencial teórico y práctico, con apoyo online en EVA.

Carga horaria total:

132 horas.

Carga horaria detallada:

Se toma como base un semestre de 15 semanas

- **Módulo I**

a) Horas aula de clases teóricas: 38 clases de 2 hs c/u, total 76 hs semestrales

b) Horas aula de clases prácticas: 0

c) Horas aula de seminarios de investigación: 0

- **Módulo II**

a) Horas aula de clases teóricas: 8 clases de 2 hs c/u, total 16 hs semestrales

b) Horas aula de clases prácticas: 0

c) Horas aula de seminarios de investigación: 0

- **Módulo III**

a) Horas aula de clases teóricas: 0

b) Horas aula de clases prácticas: 5 clases de 4 hs c/u, total 20 hs semestrales

c) Horas aula de seminarios de investigación: 0

- **Módulo IV**

a) Horas aula de clases teóricas: 0

b) Horas aula de clases prácticas: 2 clases de 4 hs c/u, total 8 hs semestrales

c) Horas aula de seminarios de investigación: 0

- **Módulo V**

a) Horas aula de clases teóricas: 0

b) Horas aula de clases prácticas: 0

c) Horas aula de seminarios de investigación: 3 clases de 4 hs c/u, total 12 hs semestrales

Sistema de evaluación del curso:

a) Características de las evaluaciones

Para la ganancia del curso, se tomará en cuenta:

- 2 controles escritos en las semanas 7 y 13 del curso (se evalúan módulos I, II, III y IV).
- Informes de los prácticos realizados (módulos III y IV).
- Trabajo escrito (módulo V).

b) Porcentaje de asistencia requerido para aprobar el curso:

Módulos I y II: Asistencia libre

Módulos III y IV: 85%

Módulo V: 100 %

c) Puntaje mínimo individual de cada evaluación y total

Para la aprobación del curso se requerirá la obtención de un mínimo de 50% en cada una de las actividades realizadas:

- 2 controles escritos teórico-prácticos: 12/24 puntos (escala lineal).
- Informes de los prácticos realizados: 7/14 puntos (escala lineal).
- Trabajo escrito: 6/12 puntos (escala lineal).

La aprobación del curso es sin nota.

Sistema de evaluación de la asignatura:

a) Características de la evaluación

Examen sobre los módulos I, II, III, IV y V (Licenciatura en Bioquímica): duración 3 hs, consta de problemas teórico-prácticos que requieren habilidades de cálculo y preguntas abiertas. El examen es a libro abierto.

b) Puntaje mínimo

3 (RRR) (correspondiente al 50 % de la prueba, escala universitaria)

c) Modo de devolución o corrección de las pruebas

Controles escritos

Si el estudiante cursa los módulos I, II, III y IV, constan de 3 problemas relacionados a los prácticos dictados en los módulos, junto con las correspondientes unidades dictadas en el curso teórico. Cada uno de los dos controles se calificará en escala lineal de 0 a 12 (la nota 6 corresponde 50 % de la prueba, escala lineal).

Si el estudiante cursa solo el Módulo I o el Módulo II, el formato de la evaluación es múltiple opción de 12 preguntas como máximo. Constará de dos instancias de evaluación, que calificarán en escala lineal de 0 a 12 (la nota 6 corresponde al 50 % de la prueba). Si por suma de las dos instancias el estudiante obtiene la calificación 16/24, queda exonerado del examen, y su nota de aprobación del examen será la correspondiente a la obtenida en las evaluaciones, pero en escala universitaria.

Luego de publicadas las calificaciones, hay una instancia de muestra de las evaluaciones y su resolución se discute con los estudiantes en la clase siguiente de teórico o práctico.

Informes de los prácticos

Los estudiantes deben entregar el informe de cada práctico a la semana siguiente de haberlo realizado. Estos informes pueden ser *aceptados*, o *rechazados* si no alcanzan un nivel aceptable.

Se calificarán con un puntaje máximo de 2 puntos que serán otorgados según el siguiente criterio:

Entregado en fecha y aceptado: 2 ptos.

Entregado en fecha y rechazado: 1 pto.

Entregado fuera de fecha y aceptado: 0.5 pto.

Entregado fuera de fecha y rechazado: 0 pto.

Los informes que sean rechazados deben ser corregidos por los estudiantes y entregados nuevamente hasta que sean aceptados para obtener la ganancia del curso.

Trabajo escrito del Módulo V

Se calificará en escala lineal de 0 a 12 (la nota 6 corresponde al 50 % de la prueba). En caso de ser necesario se solicitará al estudiante una defensa del trabajo escrito.

Examen escrito de aprobación de la asignatura

Si el estudiante cursa los Módulos I, II, III y IV, consta de 4 problemas teórico-prácticos entre los que se puede incluir alguna pregunta abierta. El examen para estos estudiantes no es exonerable.

Si el estudiante cursa solo el Módulo I o el Módulo II, el formato de la evaluación es múltiple opción de 12 preguntas.

Se calificará en escala logarítmica, el mínimo es 3, que corresponde al 50% de la prueba correcta. Luego de publicadas las calificaciones, hay una instancia de muestra del examen.

Reconocimiento de créditos para diferentes carreras

Aquellos estudiantes que hubieran cursado y aprobado el Módulo I, y quieran realizar la totalidad de los Módulos (I – V) para ser reconocidos para la Licenciatura en Bioquímica, deberán cursar los Módulos II – V, y realizar las pruebas correspondientes. Para el examen, deberá contestar 3 de las 4 preguntas formuladas.