

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
ÁREA DISCIPLINAR: LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL

ASIGNATURA: FISCOQUÍMICA¹
PROGRAMA

I. DATOS GENERALES

Unidad académica:	Departamento de Zootecnia
Programa Educativo:	Ing. Agrónomo Especialista en Zootecnia
Nivel Educativo:	Licenciatura
Área Disciplinar:	Laboratorio de Nutrición Animal
Asignatura:	Fisicoquímica (Clave: 1198)
Carácter:	Obligatorio
Tipo:	Teórico-Práctico
Prerrequisitos:	Química Orgánica e Inorgánica, Física, Matemáticas.
Profesores:	Dr. Eliseo Sosa Montes M.C. Esther Sosa Montes Q.F.B. Hilda Flores Brito.
Ciclo escolar:	2022 -2023
Año:	4º
Semestre:	Primero
Horas Teoría/ semana:	3, 48 horas totales, 16 semanas
Horas Práctica/ semana:	3, 48 horas totales, 16 semanas
Horas totales del curso:	96

II. RESUMEN DIDÁCTICO

Fisicoquímica es una materia básica que se imparte durante el primer semestre de la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. La asignatura se encuentra relacionada en forma vertical con Bioquímica, Biología Celular, Fisiología Animal, Fisiología Vegetal y Nutrición Animal. En tanto que guarda relación horizontal con Edafología e Introducción a la Zootecnia.

La Fisicoquímica está constituida por una serie de enfoques cuantitativos característicos de las Ingenierías, que sin embargo es aplicable a gran cantidad de ciencias, entre estas las biológicas, que en su aplicación se requieren de habilidades diferentes de esta disciplina, con respecto a otras carreras.

¹Fuente: Manual para la Elaboración de Programas de Asignatura. Subdirección de Planes y Programas de Estudio. UACH.

Esta asignatura estudia las bases fisicoquímicas del comportamiento de la materia viva- la que no escapa a todas las leyes de la naturaleza-, apoyándose en los principios y métodos de la Física, de la Química y de la propia Fisicoquímica. Estos comportamientos incluyen reacciones químicas relacionadas con procesos físicos, como ocurre cuando un aumento de temperatura causa una reacción química, al aumentar el número de colisiones entre las moléculas interactuantes de un sistema biológico.

Debido a esto es un hecho reconocido que el sustento de la práctica profesional de las carreras del perfil agronómico y biológico recae en más de una ocasión en las bases fisicoquímicas, que subyacen en la multitud de fenómenos biológicos con los que se relacionan, de modo que se pretende que el estudiante se relacione con un sistema de conocimientos y habilidades del pensamiento, que le permita acceder a un mejor nivel de comprensión de fenómenos biológicos como que estudiará en disciplinas principales de la especialidad como: Nutrición Animal, Reproducción Animal, Producción y Utilización de Forrajes, las que a su vez se sustentan en asignaturas como Biología Celular, Fisiología Animal, Fisiología Vegetal, Bioquímica y Microbiología, lo que justifica que el Zootecnista posea un mayor acervo de conocimientos de ciencias básicas como Física, Matemáticas, Química y Fisicoquímica.

El contenido teórico del curso está repartido en **cuatro unidades**, en las que se discuten las bases teóricas de aplicaciones relacionadas con los campos de acción de la profesión del Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Asimismo, el curso está complementado con **prácticas de laboratorio** con las que se espera que además de reforzar el conjunto de conocimientos analizados durante la clase teórica, el estudiante desarrolle habilidades de observación, revisión de literatura, resolución de problemas y de expresión escrita.

Dentro del **trabajo independiente** el estudiante, elaborará informes de trabajo de los temas a revisar, como parte de lecturas programadas, procediendo a su posterior discusión grupal.

En el curso de Fisicoquímica se utiliza una combinación de varias **técnicas**, dentro de las que destacan el empleo de **demostraciones de cátedra**, con las que se pretende que el estudiante descubra el concepto o ley principal motivo del tema, por medio de un algoritmo, planteado por el docente.

Con esta actividad de enseñanza-aprendizaje se espera, reforzar en el estudiante, la observación y la capacidad de hacer inferencias, siguiendo un ordenamiento lógico de los contenidos que parte de lo concreto a lo abstracto, de modo que al menos parte de las leyes serán descubiertas por el estudiante en lugar de ser descritas por el profesor, ya que el estudiante analiza el experimento basado en una situación problémica que deberá resolver por sí mismo aplicando los conocimientos apropiados, pero bajo la dirección del docente.

Además como parte de la construcción de conocimiento, los temas se inician con **preguntas intercaladas**, las que se integran en el transcurso de la clase o bien se dejan como tarea. Se continúa con **lecturas** y análisis y realización de **problemas** diversos. Adicionalmente, con las **prácticas de laboratorio**, el estudiante deberá

continuar con la búsqueda, selección y análisis de información bibliográfica que necesariamente implicará trabajo de síntesis y análisis, pretendiéndose alcanzar un aprendizaje significativo.

Los **espacios** en los que llevará a cabo el curso incluyen el aula, el laboratorio, la granja, la biblioteca y la sala de cómputo.

Se utilizarán como **recursos**, material y equipo de laboratorio químico, material impreso, artículos de revistas y libros, presentaciones digitales, series de problemas, videos, animaciones, páginas web y simulaciones digitales de procesos fisicoquímicos.

Respecto a la **evaluación**, esta será de tipo formativa y sumativa. La teoría constituye el 50 % del total del curso, mientras que el laboratorio constituye el otro 50% del curso. Como parte de la evaluación, se aplicarán exámenes parciales, actividades extraclase y eventualmente, la participación en un Seminario con un tema de Fisicoquímica.

III. PRESENTACIÓN

Hace ya algún tiempo que las ciencias biológicas han dejado de ser consideradas básicamente descriptivas, pues los avances experimentales de los conocimientos en las ciencias biológicas muestran que el análisis de los procesos vitales puede lograrse solamente si se poseen bases sólidas en ciencias como la Fisicoquímica.

La Fisicoquímica es una disciplina que se encarga de estudiar y predecir los fenómenos resultantes de la interacción de fenómenos físicos y químicos que se presentan en varios sistemas. Para el estudio de las reacciones químicas y los cambios físicos que las acompañan, la Fisicoquímica utiliza modelos y postulados de la Física y de la Química y los suyos propios. Los métodos teóricos y experimentales de esta disciplina suelen ser muy diversos, por lo que deben emplearse varios enfoques. Por ejemplo, en el estudio de las velocidades de reacción (Cinética), se emplea el enfoque microscópico molecular para comprender el comportamiento de las moléculas y los mecanismos de reacción. La Termodinámica Clásica emplea para el estudio de los procesos, como temperatura, presión, volumen y número de moles, ya que proporcionan una información cuantitativa muy valiosa.

Durante el curso se destacan aplicaciones de la Fisicoquímica a la Bioquímica, a las Fisiologías Animal y Vegetal y a la Nutrición Animal. Se analizan con un enfoque fisicoquímico, temas como el *potencial de membrana* en la célula, que se genera por una distribución desigual de iones a ambos lados de la membrana y cuya modificación da lugar a la realización de reacciones químicas causadas por la liberación de neurotransmisores neuronales, cuya unión a un receptor, terminan en fenómenos fisiológicos como contracción muscular o la secreción de una sustancia. Asimismo en un sistema bioquímico como es la fijación de oxígeno por la hemoglobina, están involucrados más de un factor fisicoquímico, (equilibrio ácido-base, factores cinéticos y factores termodinámicos). Asimismo, es de gran valor el enfoque fisicoquímico para interpretar los mecanismos enzimáticos, los aspectos energéticos y cinéticos de rutas metabólicas, para analizar la transformación de energía de los alimentos para el

funcionamiento de los procesos metabólicos en los animales, así como deducir y calcular los diferentes comportamientos que se presentan en las propiedades de las soluciones acuosas.

Finalmente, si la Zootecnia tiene como objeto de trabajo ***“La producción de satisfactores de origen animal para beneficio de las necesidades humanas”***, entonces se requiere conocer aspectos básicos de Fisicoquímica, además de Química, Bioquímica y Biología. Así, el presente curso capacita al estudiante para manejar conceptos, principios y leyes de la Fisicoquímica, relacionados con su área de trabajo profesional.

IV. OBJETIVOS GENERALES

Educativos

Analizar y aplicar conceptos, leyes, principios y parámetros fisicoquímicos a fenómenos que tienen lugar en los seres vivos, en la tecnología y en general, en el mundo que nos rodea, a fin de favorecer la curiosidad y la comprensión de las regularidades presentes en estos fenómenos, además valorar las ideas de los demás.

Instructivos

Aplicar los principios y leyes de la Fisicoquímica para contribuir a la resolución de problemas y situaciones propias del campo del Zootecnista, que favorezcan una completa interpretación y comprensión de los procesos biológicos involucrados.

A partir de experimentos de laboratorio, ser capaces de señalar e interpretar principios fisicoquímicos relacionados con algunos procesos de importancia biológica, como los intercambios energéticos, los procesos que ocurren en una solución, los procesos cinéticos involucrados en el control de una reacción química, entre otros, con el objeto de comprender e incursionar con mayor facilidad en algunos de los campos de acción de la Zootecnia.

V. CONTENIDO

Unidad I: Introducción a la Fisicoquímica: Naturaleza de la Fisicoquímica y Conceptos básicos previos. (6 clases teóricas, 3-4 prácticas o sesiones de laboratorio)

Objetivo:

Establecer el **objeto de estudio**, la **ubicación curricular** de la asignatura, así como **analizar algunos de los problemas** de la producción animal, que pueden ser

abordados desde los enfoques de la Fisicoquímica, para definir la importancia de la misma dentro del perfil del egresado, así como identificar los **conceptos básicos previos** necesarios para un buen desempeño durante el curso.

Contenido:

- 1.1 Naturaleza y objeto de estudio de la Fisicoquímica. **Ubicación curricular** de la asignatura. **Análisis de algunos de los problemas** que pueden ser abordados desde los enfoques de la Fisicoquímica,
- 1.2 *Revisión matemática:* operaciones y funciones comunes a la disciplina: fracciones, logaritmos, exponentes, ecuaciones de primero y segundo orden, sistemas de ecuaciones, notación científica, cifras significativas, series geométricas y aritméticas, derivación, integración.
- 1.3 Magnitudes fisicoquímicas de aplicación en ciencia animal y sus unidades.
- 1.4 *Revisión química:* Bioelementos: Configuración electrónica y propiedades periódicas de los elementos. Grupos de compuestos inorgánicos. Enlaces químicos en las biomoléculas. Estequiometría y relaciones estequiométricas.

Prácticas: 0, 1, 2, 3, 4

Unidad II. Gases. (6 clases teóricas y 2 prácticas o sesiones de laboratorio)

Objetivo:

Describir y analizar las características y las leyes de los gases, para aplicarlas a la resolución de problemas y al análisis de casos relacionados con procesos biológicos y del medio ambiente que involucran gases, como el cambio climático y la respiración..

Contenido:

- 2.1 Introducción e importancia del tema. Características de los gases.
- 2.2 Teoría cinético-molecular de los gases ideales.
- 2.3 Leyes de los gases: Ley de Boyle-Mariotte, Ley de Charles-Gay Lussac, Ley de Avogadro, Ley Combinada de los gases, Ley de Graham, Ley de Dalton, Ley de Henry.
- 2.4 Gases Reales. Comparación con gases ideales.
- 2.5 Aplicaciones de las leyes de los gases.

Prácticas: 5 , 6

Unidad III. Termodinámica. (12 clases teóricas y 2 prácticas o sesiones de laboratorio).

Objetivo:

Definir las leyes y principios que rigen las transformaciones de energía (calor y trabajo) para aplicar dichos conceptos en el cálculo de los cambios de energía asociados a reacciones químicas. Predecir la dirección de equilibrio químico y analizar los factores que lo afectan como la concentración de reactivos, productos,

temperatura, catalizadores, entre otros, para finalmente, formular un análisis comparativo con el metabolismo animal.

Contenido

- 3.1 Introducción e importancia del tema.
- 3.2 Conceptos previos, sistemas y propiedades termodinámicas, temperatura, calor y trabajo. Equivalente mecánico del calor (caloría termoquímica).
- 3.3 Energía interna y Primera Ley de la Termodinámica. Entalpía: métodos para calcular la Entalpía (Ley de Hess). Termoquímica.
- 3.4 Entropía y Segunda Ley de la Termodinámica. Energía libre y reacciones químicas espontáneas. Estados termodinámicos estándar.
- 3.5 Bioenergética: Acoplamiento de reacciones.
- 3.6 Energética de las reacciones redox: La reacción redox como generadora de energía libre, Potencial de electrodo, medición de la fuerza electromotriz, cálculo de la energía libre de una reacción redox. La Ecuación de Nernst. Potencial de membrana. Ejemplos de procesos redox de importancia biológica.
- 3.7 Equilibrio químico: su análisis como un estado dinámico. Termodinámica del Equilibrio químico y su relación con reacciones bioquímicas. Factores que afectan el equilibrio químico: composición química de una mezcla en el equilibrio. Actividad y coeficiente de actividad, constante de equilibrio termodinámica. Ejemplos de equilibrios químicos. El equilibrio de Gibbs-Donnan y su ecuación.
- 3.8 Principios de Cinética química. Velocidad de reacción y su medición. Influencia de las concentraciones de reactivos y productos sobre las velocidades de reacción. Orden de reacción: ecuaciones generales de reacciones de cero, primer orden y segundo orden. Cinética de reacciones enzimáticas:

Prácticas: No. 7, 8

Unidad IV. Propiedades de las disoluciones acuosas. (10 clases teóricas y 4 prácticas o sesiones de laboratorio).

Objetivo:

Explicar los factores fisicoquímicos involucrados en procesos como ósmosis, crioscopía, presión de vapor, elevación del punto de ebullición, análisis del efecto de la fuerza iónica de una disolución y formación de precipitados (Kps). Así como analizar el significado biológico del pH, diferenciar ácidos y bases fuertes y débiles y los principales buffers sanguíneos, para evaluar su influencia en la homeostasis ácido-base.

Contenido

- 4.1 Introducción e importancia del tema.
- 4.2 El agua y sus propiedades fisicoquímicas.
- 4.3 Definición y clasificación de las soluciones
- 4.4 **Propiedades coligativas** (Presión de vapor, Presión osmótica, Punto de congelación y Punto de ebullición) de soluciones de No electrolitos.
- 4.5 Propiedades coligativas de las soluciones acuosas de electrolitos fuertes y débiles.
- 4.6 El concepto de fuerza iónica y su relación con las propiedades coligativas.

4.7 Constante de Producto de solubilidad (Kps): aplicación biológica.

4.8 Propiedades Ácido-Base de las Soluciones acuosas. Significado del pH.

4.9 Ácidos y Bases: tipos de ácidos y bases, características, cálculos de pH.

4.10 Buffers y capacidad buffer. Composición, modo de acción y Buffers de importancia biológica.

4.11 Relevancia bioquímica del pH: Influencia del pH sobre la estructura y función de aminoácidos y proteínas: pH isoelectrico, ionización de aminoácidos, electroforesis.

Prácticas: No. 9,10,11

VI. PRÁCTICAS

#	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	OBJETIVOS
0	*Normas de seguridad en el laboratorio. *El trabajo de Laboratorio. *Principales grupos de compuestos inorgánicos de importancia zootécnica.	a) Presentación del curso de laboratorio. b) Presentación de la importancia del laboratorio de Físicoquímica para el curso teórico. c) Presentación de la forma de trabajo, de la organización y de la forma de evaluación. d) Revisión de las características físicas y químicas de los grupos de compuestos inorgánicos.
1	*Precisión y Exactitud de los datos de laboratorio (3 h).	a) Revisar y analizar las principales fuentes de error en el trabajo de laboratorio y su medición.
2	*El Laboratorio Químico: Operaciones generales y manejo del material y equipo de laboratorio (3 h)	a) Caracterizar y manejar el material y equipo de laboratorio. b) Realizar las operaciones más comunes del laboratorio químico, a fin de identificar los conocimientos básicos y habilidades necesarias para obtener el óptimo aprendizaje de los experimentos.
3	Relaciones estequiométricas en las reacciones químicas.	a) Calcular con base en las leyes de la combinación química, los coeficientes estequiométricos de una ecuación química, las relaciones molares y de masa entre reactivos y productos de la misma, así como la cantidad de un determinado reactivo o producto involucrado en la reacción.
4	Preparación de disoluciones (6 h)	a) Caracterizar los diferentes tipos de soluciones, así como las unidades empleadas para expresar su

		<p>concentración.</p> <p>b) Realizar los cálculos pertinentes para preparar diferentes soluciones.</p> <p>c) Resolver problemas que involucren concentración de disoluciones.</p>
5	Comprobación de la Ley Boyle-Mariotte (3 h)	a) Demostrar el efecto de la presión sobre el volumen de un gas y obtener la relación matemática de este efecto.
6	Determinación de CO ₂ alveolar (3 h)	a) Revisar las principales leyes de los gases y aplicarlas a la determinación de CO ₂ alveolar.
7	Calorimetría: Determinación de la entalpía de una reacción (6 h)	<p>a) Diferenciar física y conceptualmente los calorímetros a presión constante y a volumen constante y discutir su utilidad.</p> <p>b) Determinar en el calorímetro a presión constante, la entalpía (ΔH) de algunas reacciones.</p> <p>c) Establecer experimentalmente, el carácter endotérmico o exotérmico de algunas reacciones.</p>
8	Reacciones Redox (3 h)	a) Analizar experimentalmente a las reacciones redox como generadoras de energía libre.
9	Ósmosis en el eritrocito (3 h)	<p>a) Analizar los principios generales de la ósmosis.</p> <p>b) Estimar la concentración isotónica y presión osmótica del eritrocito.</p>
10	<p>10.1 Determinación de la constante del producto de solubilidad (Kps) del CaCO₃: Relación con la formación del cascarón del huevo</p> <p>10.2 Determinación del grosor del cascarón del huevo. (3 h)</p>	a) Estimar experimentalmente el valor de la constante del producto de solubilidad (Kps) del CaCO ₃ y discutir los factores que intervienen en la precipitación y disolución del CaCO ₃ en relación con el cascarón del huevo.
11	Medición del pH en diferentes materiales (3 h)	<p>a) Determinar el pH de materiales de interés zootécnico.</p> <p>b) Caracterizar ácidos y bases fuertes y débiles en función del pH, del grado de disociación (α) y de la constante de disociación.</p>

VII. METODOLOGÍA

El modelo de enseñanza incluye, la **enseñanza expositiva-interactiva**, por lo que entre las **estrategias de aprendizajes**, contempla la elaboración y discusión de temas y artículos, así como la elaboración de resúmenes, discusión de preguntas insertadas,

esquemas, objetivos, ilustraciones y analogías, entre otras. Asimismo la asignatura tiene como uno de sus soportes, la instrumentación de **demostraciones de cátedra**, para desarrollar la motivación, la activación de conocimientos previos, la creatividad, la interpretación y la asimilación de leyes, principios y regularidades de la Fisicoquímica aplicada a los seres vivos, particularmente relacionados con aquellos procesos relacionados con la respiración, metabolismo y la Fisiología. Con este método se pretende fomentar un *aprendizaje por descubrimiento guiado* (Díaz-Barriga y Hernández. Rojas, 2002). Esta herramienta didáctica, se elabora sobre la base de situaciones problémicas de tal forma que al inicio de la mayoría de la clases o del tema, el profesor presenta las ideas generales sobre el tema en cuestión, lleva a cabo el experimento, siguiendo un algoritmo determinado, con el uso de estrategias discursivas como pistas, preguntas intercaladas, confirmación/reformulación, repetición/confirmación, promoviendo así que el alumno “descubra” las leyes y principios involucrados en el experimento, posteriormente el profesor precisa las ideas de los alumnos, sintetiza y generaliza los principios científicos presentados. Asimismo se guiará a los alumnos en el uso de otras estrategias de aprendizaje que los conduzcan al logro de los diferentes tipos de objetivos de aprendizaje de teoría y de laboratorio (conceptuales, procedimentales y actitudinal-valorales).

Como uno de los productos finales del curso, los alumnos integrados en equipos organizarán un **seminario** acerca de un tema de la asignatura que sea de su interés.

VIII. EVALUACIÓN.

La evaluación será de tipo formativa y sumativa y se aplicará a lo largo del curso con cada unidad terminada, de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- a) Cumplir con el REGLAMENTO ACADÉMICO DE ALUMNOS, específicamente con los artículos del capítulo VIII, De los Permisos para ausentarse del plantel y las justificaciones por faltas (Arts. 50, 51, y 52), capítulo X, De las Obligaciones (Arts. 76 y 83) y capítulo XI y los artículos De los exámenes (Arts.86, 96, 98, y 99).
- b) Obtener una calificación promedio teórico-práctica igual o superior a 6.6. Se considerará la **un valor de 50% para teoría y 50% para laboratorio.**
- c) **IMPORTANTE: La calificación final del curso se obtendrá a partir de promediar las calificaciones aprobatorias de teoría y laboratorio (6.6 o mayor). Es decir, es necesario que el alumno apruebe teoría y laboratorio.**

Para la evaluación de la teoría, se considerarán: exámenes escritos u orales y participación (tareas, exposiciones, intervenciones en clase).

El valor de cada una de las unidades de la asignatura, está en función del número de sesiones que las integran y del criterio del profesor.

Respecto a la evaluación del laboratorio, se considerarán: evaluación del trabajo de laboratorio a través de listas de cotejo, cuaderno de laboratorio, informe de la práctica,

exámenes escritos, cumplimiento en tiempo y forma, de los compromisos acordados (bata, tareas, puntualidad, asistencia, entre otros).

IX. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

1. Chang, R. **2009. *Fisicoquímica***. 3ª Ed. D.F., México: McGraw-Hill. Interamericana, S.A de C.V. Además de que contiene apéndices con derivaciones matemáticas de ecuaciones y extensiones de los temas revisados en cada capítulo. Contiene la sección: "ecuaciones clave". Incluye el apéndice sobre "Repaso de matemáticas y Física".
2. Chang, R. **2002. *Química***. 7ª ed. D.F., México: McGraw Hill Interamericana Editores. S.A. de C.V. Contiene los temas de un curso básico de Química. Considera los diferentes estilos de aprendizaje e incluye estrategias como resúmenes de capítulo, palabras clave y preguntas, entre otras. Muestra aplicaciones de la Química a la industria, la medicina, la biología, el ambiente y la agricultura.
3. Morris, J. G., **1980. *Fisicoquímica para Biólogos***. Barcelona, España: Reverté S. A.
Está diseñado para constituir una ayuda para la comprensión de la aplicación de los principios fisicoquímicos a situaciones biológicas.
4. Tinoco, I., Sauer, K. y Wang, J.C. **1995. *Fisicoquímica. Principios y aplicaciones en las ciencias biológicas***. 3ª ed. Cali, Colombia: Prentice-Hall Hispanoamericana. Es un libro orientado a estudiantes en ciencias biológicas. Revisa métodos físicos utilizados en Bioquímica y Biología. Cada principio fisicoquímico está relacionado y aplicado a problemas biológicos.

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL

1. Ball, D. W. 2004. <i>Fisicoquímica</i> . D.F., México: Thompson. Es una obra dirigida a los estudiantes que tratan de aprender Fisicoquímica en un libro de texto y no en una enciclopedia.
2. Ganong, F. W. 2004. <i>Fisiología Médica</i> . D.F., México: El Manual Moderno, S. A. de C. V.
3. Laidler, J. K. y Meiser, J.H. 2002. <i>Fisicoquímica</i> . D. F., México: CECSA.
4. Levine, N. I. 1984. <i>Fisicoquímica</i> . D.F., México: Mc Graw Hill
5. Maynard, A. L., J. K. Loosli y H. F. Hintz. 1981. <i>Nutrición Animal</i> . D.F., México: McGraw-Hill. Interamericana, S.A de C.V.
6. Moore, W. J; Kotz, C. J.; Stanitski, L. C.; Joesten, D. M y Wood, L. J. 2000. <i>El mundo de la Química</i> . México: Addison Wesley Longman de México, S. A de C. V.
7. Nelson L. David and M. M. Cox. 2000. <i>Lehninger Principles of Biochemistry</i> . New York, N.Y.: Worth Publishers.

- | |
|--|
| 8. Resnick, R. y D. Halliday. 1973. Física . D. F., México: CECSA, S. A. |
| 9. Rosenberg, J. L y L. M. Epstein. 1995. Química General . D.F., México: McGraw-Hill Interamericana, S.A de C.V. |
| 10. Salisbury B. F. y C.W. Ross. 1992. Fisiología Vegetal . D.F., México: Grupo Editorial Iberoamericano. |
| 11. Vízquez Duhalt R. 2002. Termodinámica Biológica . D.F., México: AGT Editor, S. A. Ofrece una introducción al estudio de las transformaciones de energía de los sistemas biológicos. |

REVISTAS

- **“Scientific American ”**
- **“Investigación y Ciencia”**
- **“Mundo Científico”**. La Recherche”..

