



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE POR "SOLUCION DE PROBLEMAS"
APLICADO MEDIANTE UN PROGRAMA INTERACTIVO, A LA
ENSEÑANZA DE LA FISILOGIA ANIMAL EN LA CARRERA DE BIOLOGIA,
FACULTAD DE CIENCIAS, U.N.A.M.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
JAVIER EDUARDO AGUILERA CIFUENTES



DIRECTOR DE TESIS: M. en C. JULIO PRIETO SAGREDO

2005

m345746



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: JAVIER EDUARDO AGUILERA CIFUENTES

FECHA: 14/Junio/2005

FIRMA: [Firma manuscrita]

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: Evaluación del aprendizaje por "Solución de Problemas" aplicado mediante un programa interactivo, a la enseñanza de la fisiología animal en la carrera de Biología, Facultad de Ciencias, U.N.A.M.

realizado por Javier Eduardo Aguilera Cifuentes

con número de cuenta 09477050-0 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario M. en C. Julio Prieto Sagredo

[Firma manuscrita]
[Firma manuscrita]

Propietario M. en C. Enrique Moreno Saenz

Propietario Dra. Ma. Elena Durán Lizárraga

[Firma manuscrita]
[Firma manuscrita]

Suplente Lic. en Cien. de la Com. Adriana López Ridaura

Suplente M. en Com. Laura Carlota Regil Vargas

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS

M. en C. JUAN MANUEL RODRIGUEZ CHÁVEZ



UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA

Agradezco a Julio por haber confiado en mí, por haber abierto la alternativa de este proyecto tan interesante y por su paciente dirección y supervisión.

También a Mary, Adriana, Laura y Enrique por su tiempo y atención para enriquecer esta tesis.

Dedico esta tesis a mi hija Maria Fernanda compañía alegre y amorosa en esta aventura de vivir.

A mi esposa Dulce porque desde el primer día que la conocí no han dejado de enriquecerme sus pláticas reflexivas, su amor transparente y profundo, y su complicidad para vivir la vida por el lado bueno.

A mis padres Mireya y Edwin a quienes debo su cariño incondicional, su cuidado y dedicación, y todas las bases que me permitieron crecer.

A mis padres Mireyita y Eduardo a quienes llevo en mi corazón y se que me han acompañado siempre.

A mi hermana Ileana y mis sobrinos Pablito y Kay que aunque no los tengo cerca, sepan que la sangre nos une con un cariño especial.

A Héctor que como un hermano me ha acompañado y apoyado en las más singulares situaciones.

A Rosy, Conchita, Mario, Arturo, Armando, Víctor y Carlos que más que primos los considero mis amigos.

A Héctor, Silvia, Alejandro y Gerardo que con su amistad incondicional y su atinada asesoría me ayudaron a culminar esta tesis. Gracias Héctor por abrirme el camino a la multimedia.

A Pita y Armando, a Arita, a Tere y Mario, a Viky y Carlos, y todos los tíos y tías que me han acogido con cariño.

A Lilia, Lucio, Andrés, Luciana y Renata; Adela, Alberto y Matías que con su amistad han enriquecido mi vida.

A José Antonio amigo y guía desde los inicios.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	2
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	4
TABLAS	4
FIGURAS	4
RESUMEN	5
MARCO TEÓRICO	6
APRENDIZAJE BASADO EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS .	7
LA PSICOLOGÍA COGNOSCITIVA Y LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA.	10
BASES BIOLÓGICAS DEL APRENDIZAJE - NEO DARWINISMO.	13
ANTECEDENTES	15
ENSEÑANZA A TRAVÉS DE SISTEMAS MULTIMEDIA.	15
APLICACIÓN DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS A UN SISTEMAS MULTIMEDIA.	16
BIOLOGÍA DE ANIMALES II.	17
HIPÓTESIS	19
OBJETIVO GENERAL	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
METODOLOGÍA	21
I RESPALDO TEÓRICO: SELECCIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE INFORMACIÓN	21
II DISEÑO DE LOS SISTEMAS MULTIMEDIA	25
II.1 SISTEMA MULTIMEDIA BASADO EN LA METODOLOGÍA RP	25
II.1.1 La Concepción Inicial (Guión Conceptual)	25
II.1.2 Secuencia de la aplicación del modelo de resolución de problemas en la herramienta interactiva:	26
II.1.3 Desarrollo de la interfaz: mapa de navegación, guión técnico, diseño de interfaz.	28
II.1.4 Producción: adquisición y elaboración de medios	29
II.1.5 Integración: Programación de módulos, interactividad y base de datos	29
II.1.6 Postproducción	30
I.I.1.7 Pruebas	30
II.2 SISTEMA MULTIMEDIA BASADO EN LA METODOLOGÍA TRADICIONAL	31
III PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	33

III EVALUACIÓN.	34
RESULTADOS	38
B) EFECTO DE LA INTERVENCIÓN EN LA PROFUNDIDAD DEL APRENDIZAJE (NIVEL DE CONOCIMIENTO).	45
C) RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DE OPINIÓN.	51
DISCUSIÓN	53
A) IMPACTO EN EL APRENDIZAJE.	53
B) EFECTO DE LA INTERVENCIÓN EN LA PROFUNDIDAD DEL APRENDIZAJE (NIVEL DE CONOCIMIENTO).	57
CONCLUSIONES	59
CONCLUSIONES SOBRE LA APLICACIÓN DEL MODELO PEDAGÓGICO RP EN UN SM	61
ACERCA DEL DESARROLLO DE MULTIMEDIOS BASADOS EN RP	64
ACERCA DE LA EVALUACIÓN	65
HACIA DONDE VAMOS	65
BIBLIOGRAFIA	66

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

TABLA 1. ECUACIONES DE LOS SIMULADORES	22
TABLA 2 CONDICIONES EXPERIMENTALES.	36
TABLA 3 PORCENTAJE DE ACIERTOS DE LAS CATEGORÍAS DE PREGUNTAS	42
TABLA 4.ALCANCE EN LAS HABILIDADES DE PENSAMIENTO SEGÚN NIVELES DE LA ESCALA DE BLOOM.	50
TABLA 5 CUESTIONARIO DE OPINIÓN	52

FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA METODOLÓGICO.	37
FIGURA 2 PORCENTAJE DE APRENDIZAJE Y DESAPRENDIZAJE DE CADA PREGUNTA.	39
FIGURA 3. PORCENTAJE DE APRENDIZAJE POR CATEGORÍAS DE PREGUNTAS.	41
FIGURA 4 PORCENTAJE DE AVANCE EN LA ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTOS.	44
FIGURA 5 EFECTO DE LA INTERVENCIÓN EN EL NIVEL 1 (CONOCIMIENTO).	47
FIGURA 6 EFECTO DE LA INTERVENCIÓN EN EL NIVEL 2 (COMPRESIÓN).	48
FIGURA 7 EFECTO DE LA INTERVENCIÓN EN EL NIVEL 3 (APLICACIÓN).	49

RESUMEN

Se comparó el efecto de la aplicación de un sistema multimedia (**SM**) basado en enseñanza tradicional (**SM-T**) y un SM basado en Resolución de Problemas (**SM-RP**) para la enseñanza de fisiología respiratoria en el 5to semestre de la carrera de biología.

Al principio se hizo una extensa investigación bibliográfica sobre el tema de respiración con un enfoque comparativo. Paralelamente, a partir del temario y el objetivo general de la materia de Biología de Animales II, se desarrollaron los objetivos que nos servirían como referencia para el diseño de contenidos y de instrumentos de evaluación. Posteriormente se investigó acerca del método pedagógico basado en Resolución de Problemas (**RP**).

A partir de este sustento se diseñó el tema de acuerdo a las características del modelo y se adaptó a las condiciones de un SM. Se desarrolló la producción del SM-RP y el SMT.

Para probarlos se eligieron tres grupos experimentales: el primero con un enfoque tradicional que incluía una clase presencial y el SM-T y; el segundo era un enfoque mixto en donde se daba una clase presencial, se proporcionaba el SM-RP y se concluía con una clase facilitada de discusión cooperativa; en el tercer grupo se utilizó exclusivamente el SM-RP resuelto por equipos para promover la discusión cooperativa.

La evaluación del aprendizaje se hizo comparando los resultados entre un pre-test y un pos-test. Estos test estaban clasificados en tres categorías de preguntas: las control que evaluaban conocimientos sobre temas no tratados durante la intervención; las tradicional que evaluaban conocimientos que se habían expuesto de forma pasiva (clase conferencia o SM-T); y las RP que comprendía preguntas que evaluaban conocimientos que se habrían adquirido al resolver problemas. Los reactivos estaban jerarquizados, además, de acuerdo a la taxonomía de Bloom para poder evaluar la profundidad del aprendizaje.

Los resultados muestran que el grupo con enfoque tradicional no logró un efecto en el aprendizaje en ninguna de las tres categorías de preguntas evaluadas. El grupo con enfoque mixto mostró aprendizaje en las categorías RP y tradicional y ningún efecto en la categoría control. Finalmente el grupo de intervención por equipos logró un efecto exclusivamente en la categoría de preguntas RP. Al hacer la comparación entre las categorías de preguntas se observó que mientras más alto era el nivel de preguntas, de acuerdo con la taxonomía de Bloom, la categoría RP tenía una mayor frecuencia de aciertos que las otras categorías.

En conclusión se encontró que los grupos que utilizaron el SM-RP lograron un mayor aprendizaje y una mayor profundidad de este aprendizaje medido por el nivel de habilidades cognoscitivas alcanzadas de acuerdo a la taxonomía de Bloom.

MARCO TEÓRICO

El enfoque de la educación ha sido desde el nivel primario hasta el nivel profesional principalmente tradicional, en donde el estudiante es un agente pasivo y el maestro desempeña el papel de trasmisor de conocimiento.

A partir de la secundaria, el enfoque de la enseñanza de las ciencias es más formal ya que responde a una misma organización y a unos contenidos muy similares: la lógica de las disciplinas científicas (Pozo y Gómez Crespo, 1994).

Un estudio hecho por Bloom (1984) muestra que la enseñanza tradicional (un maestro presentando material enfrente de 20 a 200 personas) representa uno de los métodos menos efectivos de expresión educativa. Esto produce estudiantes que están desmotivados y que se enfrentan diariamente con una gran cantidad de información para memorizar, mucha de la cual es irrelevante para su futuro y para su vida fuera de la escuela. Mucho de lo que aprenden se olvida y no puede ser aplicado a los problemas y tareas que se les presentan. En estas condiciones los estudiantes no son capaces de razonar eficientemente, tienen problemas para trabajar en equipo y no pueden hacerse responsables de su propio aprendizaje.

Bajo este enfoque tradicional de la enseñanza Anderson (1983) nota que la mayoría de los estudiantes "están incapacitados para hacer las relaciones requeridas para entretejer la información... en un integral y coherente modelo mental". Todo esto se refleja también en el nivel superior y es la causa de muchas deficiencias tanto en el desarrollo de sus carreras como en su futuro desenvolvimiento profesional.

Las investigaciones recientes en ciencia cognitiva están cambiando la visión de cómo las personas aprenden. La aplicación del método científico (observación, formulación de hipótesis, resolución de problemas mediante la experimentación) en la enseñanza adquiere otra dimensión, no sólo explica a los estudiantes cómo es el proceso que los científicos usan para generar conocimientos científicos, sino que es una forma directa de comunicación con los cerebros de los alumnos, ya que es precisamente observando, formulando hipótesis y resolviendo problemas como estos "construyen" su propio conocimiento y lo hacen "significativo".

La neurociencia, la psicología, la biología y la pedagogía han llegado a un punto convergente en donde ya no es necesario que cada disciplina elabore sus teorías y describa el aprendizaje en su propio lenguaje. Estamos llegando a un punto en donde entendemos que ciertos modelos pedagógicos funcionan, que esos modelos pedagógicos generan ciertos procesos mentales que explican las teorías psicológicas, que esos procesos mentales ocurren cuando se desencadenan ciertos cambios fisiológicos y celulares y cómo éstos son explicados neuroquímicamente para entender en diferentes niveles cómo nuestro cerebro aprende.

Uno de estos modelos pedagógicos que ha demostrado tener una alta efectividad en la enseñanza científica es el modelo basado en "Resolución de Problemas" del cual existen numerosos ejemplos de aplicación en enseñanza médica (Vernon y Blake, 1993; Bridges y Hallinger, 1991), biológica (Donham, 2001), de ecología de poblaciones (Korfiatis, et al., 1999) y de fisiología humana (Michael y Rovick, 1999) a nivel medio y superior .

En este sentido cada vez un mayor número de escuelas de nivel superior, sobre todo facultades de medicina incluyendo la escuela de medicina de Harvard (Savery, 1994) han empezado a incorporar educación basada en RP en sus Planes de Estudio. De hecho el 80% de las escuelas de medicina de Estados Unidos usan el aprendizaje basado en RP para enseñar a los estudiantes sobre casos clínicos, tanto reales como hipotéticos (Vernon y Blake, 1993; Bridges y Hallinger, 1991).

El modelo de RP dirigido a la enseñanza de la fisiología humana ha sido aplicado por Michael, J. y Rovick, A. (1999) quienes mencionan que entender fisiología significa adquirir algún conocimiento y desarrollar la habilidad para aplicar ese conocimiento para realizar cierta tarea (predecir el desarrollo de sistemas fisiológicos, resolver problemas, diseñar y realizar experimentos, etc.). Ellos plantean toda una metodología para enseñar fisiología humana basada en un aprendizaje activo y la "Resolución de Problemas" que incluye la construcción de modelos mentales con discusiones activas-cooperativas y que permite a los estudiantes hacer una autoevaluación de los modelos propuestos. Es un modelo progresivo que se detiene en cada fase con una discusión que reorienta al estudiante y evita el riesgo de frustración.

Michael, J. y Rovick, A. (1998) ha culminado su investigación educativa, aplicando este modelo de enseñanza en sistemas tutoriales por computadora.

Como explicaré más adelante esta metodología está respaldada con las corrientes psico-pedagógicas constructivistas sobre el aprendizaje y éstas a su vez están encontrando su respaldo en los nuevos descubrimientos sobre la fisiología del cerebro.

Aprendizaje basado en resolución de problemas .

El modelo pedagógico basado en RP, enfatiza que la enseñanza de la ciencia no debe estar exclusivamente centrada en un conocimiento declarativo (conocer "qué"), sino también en el procedimiento del conocimiento (conocer "cómo"), lo cual permite a los estudiantes aplicar el conocimiento de los conceptos a nuevas situaciones. Este modelo da la oportunidad a los estudiantes para observar, diseñar hipótesis, registrar, predecir, pensar, analizar y sacar conclusiones. (Chang y Barufaldi, 1999).

El aprendizaje a partir de problemas, un enfoque orientado típicamente a la enseñanza universitaria (Barrows y Tamblyn, 1980. Citado en Campanario, et al.,

1999) busca alternativas más prácticas que tengan relevancia para el futuro desempeño de los alumnos del área de ciencias. Se enfoca en las necesidades de los estudiantes, ya que entre las situaciones más frecuentes que se deben afrontar en las ciencias experimentales se encuentra la búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas. Este aspecto es esencialmente relevante en la enseñanza universitaria de cara a un futuro desempeño profesional (Birch, 1986).

Chang, y Barufaldi (1999) plantean que este modelo ayuda a los estudiantes a asumir un papel activo en el proceso de aprendizaje que se traduce en una ganancia en el nivel de aplicación.

En esta metodología, el maestro actúa más como un facilitador que modela en primera instancia la resolución de un problema; y posteriormente, va enfrentando a los estudiantes a una secuencia jerarquizada y estructurada de problemas previamente diseñados, que permita a los estudiantes conseguir el aprendizaje conceptual y procedimental que requieren adquirir de acuerdo al temario del curso.

A continuación se enumeran las características principales de la metodología:

1.- Los estudiantes tienen la responsabilidad de su propio aprendizaje

En la metodología por RP los estudiantes trabajan con un problema para el cual ellos deben identificar qué necesitan aprender y qué recursos van a utilizar para resolverlo. Al permitir a los estudiantes asumir la responsabilidad y siendo guiados por un facilitador, se les prepara para conseguir un aprendizaje efectivo, eficiente y permanente.

2.- Se toman en cuenta las necesidades y los conocimientos previos de cada estudiante

Los alumnos van a diseñar su aprendizaje en función de sus necesidades individuales (ya que todos tienen diferentes experiencias y conocimientos).

3.- Se promueve un ambiente enriquecedor

El método de aprendizaje por RP ofrece a los estudiantes una manera más flexible y estimulante para aprender. Las investigaciones han encontrado que los estudiantes generalmente prefieren las clases basadas en RP, y demuestran un incremento en la atención y en la actitud, con respecto a las clases tradicionales (Vernon y Blake, 1993).

4.- La simulación de problemas debe ser acerca de situaciones reales y probables.

Tal como son los problemas en el mundo real, el aprendizaje basado en RP debe ser presentado como un problema no digerido. Se parte de una situación inicial para estimular a los estudiantes a generar múltiples hipótesis sobre la causa y su

posible solución. Las situaciones deben representar escenarios reales que tengan importancia para el futuro desarrollo profesional del estudiante.

5.- El aprendizaje debe ser integrativo

Durante el autoaprendizaje, el estudiante debe poder acceder e integrar información de todos los temas relacionados para entender y resolver el problema particular con el que está trabajando.

6.- Se enfatiza el significado y no los hechos.

La mayoría de los estudiantes retienen y usan poco de lo que memorizan en clase. RP permite a los estudiantes estructurar soluciones para la vida real, relevantes y contextualizadas.

7.- Resolución y discusión activa-cooperativa

El trabajo cooperativo de los estudiantes es la parte más productiva de su aprendizaje, ya que al trabajar juntos se ayudan mutuamente a entender lo que están aprendiendo y cómo se aplica en el problema. El contrastar y reevaluar sus hipótesis les permite disminuir su posibilidad de fracaso y, por lo tanto, aumenta la seguridad en sí mismos requerida para ser responsables de su propio aprendizaje. La colaboración y el trabajo en equipo es una aptitud esencial que requerirán los futuros científicos.

8.- Recapitulación y conclusión

Antes de completar su trabajo, los estudiantes deben reflexionar sobre qué es lo más relevante del problema y cómo interactúan las partes del problema en el sistema. También deben de reflejar cómo este conocimiento puede aplicarse a futuros problemas y prepararse para estos.

9.- Utilización del aprendizaje en nuevos problemas

Al terminar un problema, los estudiantes se enfrentarán a otro con un nivel de profundidad mayor, que retoma algunos conceptos y variables del anterior y lo aplica a una nueva situación problemática.

La psicología cognoscitiva y la educación científica.

Los defensores del aprendizaje basado en RP han argumentado que los puntos de vista recientes en psicología cognoscitiva son consistentes con el aprendizaje a partir de RP, y existen justificaciones globales del modelo (Lopes y Costa, 1996) que se basan, casi siempre, en evidencias relacionadas con el rendimiento académico y grado de motivación de los estudiantes (Campanario y Moya, 1999).

La filosofía constructivista desarrollada por Giambattista Vico en el siglo XVIII, plantea que las personas solo pueden entender claramente lo que ellos mismos han construido. Pero quienes han dado una idea más clara acerca de su aplicabilidad fueron Jean Piaget y John Dewey. Para Dewey la educación depende de la acción. El conocimiento y las ideas emergen sólo en situaciones donde el individuo se enfrenta a experiencias que tienen importancia para él.

El constructivismo piagetiano está basado en el desarrollo psicológico de las personas: "Entender es descubrir, o reconstruir redescubriendo, y estas condiciones deben ser reunidas para que los individuos que se formen sean capaces de producción y creatividad y no solo repetición" (citado en Ginsburg, 1977)

El constructivismo considera al aprendizaje como un proceso personal y en general contiene los siguientes principios:

- Los estudiantes tienen experiencias propias que influyen en su entendimiento
- El aprendizaje es controlado y mediado internamente
- El conocimiento es construido en múltiples direcciones, a través de una variedad de herramientas, recursos, experiencias y contextos
- El aprendizaje es un proceso de acomodación, asimilación y rechazo para construir nuevas estructuras conceptuales, representación de significados, o nuevos modelos mentales
- El aprendizaje es un proceso activo y reflexivo
- La interacción social introduce múltiples perspectivas a través de la reflexión, la colaboración, la negociación y significados compartidos.

Según plantea Piaget, los procesos mediante los cuales las personas construyen el conocimiento científico, parten del desarrollo de la inteligencia en diferentes etapas, hasta llegar al último estadio llamado de las operaciones formales, las cuales comprenden un modelo de análisis que trasciende lo real y trabaja con dimensiones y variables abstractas, que permiten no sólo buscar explicaciones de los hechos que vayan más allá de la realidad aparente, sino también someterlas a comprobaciones sistemáticas (formulación y comprobación de hipótesis).

"Las operaciones formales parecen ser un conjunto de habilidades diferenciadas aunque conectadas entre sí. Además, su utilización depende en un grado esencial del contenido conceptual de esas mismas tareas y de los conocimientos

conceptuales que los alumnos tengan en ese dominio. En otras palabras, no parece que la adquisición de las operaciones formales asegure la comprensión de la ciencia. Las operaciones formales serían una condición necesaria pero no suficiente para aprender ciencia " (Pozo y Carretero, 1987).

El fuerte impulso cobrado por el enfoque constructivista en la enseñanza de las ciencias hace muy relevante conocer las capacidades cognitivas de los alumnos para aprender ciencias (Pozo 1996).

"La concepción constructivista del aprendizaje debe entenderse no sólo como una propuesta justificada en la investigación psicológica sobre cómo aprendemos las personas, sino también en las demandas culturales que pesan hoy sobre la escuela. En la "sociedad de la información", en la que el acceso a diversas formas de información y conocimiento, a veces contrapuestas, es sumamente fácil, la escuela ya no puede servir sólo para transmitir conocimientos o cultura, debido a que ambos ya son accesibles en otros muchos formatos y canales. La escuela, y más específicamente la educación científica, debe servir cada vez más para asimilar o dar significado a esa gran avalancha de información dispersa y escasamente seleccionada. Debe servir para construir modelos o interpretaciones que permitan integrar esa información, para hacerla significativa en el marco del saber científico que la ha hecho posible" (Pozo, 1996).

El enfoque de enseñanza por RP se basa en las teorías constructivistas, que proponen metodologías didácticas que plantean que la mejor forma de adquirir procedimientos y estrategias es ejercitándolos en la solución de problemas, en situaciones en las que se ponga en funcionamiento el método científico (observar, medir, formular hipótesis, experimentar sobre ellas, etc.).

Retomando los 9 puntos básicos de la metodología de aprendizaje por RP que se expusieron anteriormente y dado que el modelo RP esta basado en las corrientes psicopedagógicas constructivistas, se presenta el enfoque, dentro de la perspectiva constructivista, de algunos teóricos.

1.- Los estudiantes tienen la responsabilidad de su propio aprendizaje.

"El conocimiento es activamente construido por el sujeto cognoscente, no pasivamente recibido del entorno". Kilpatrick, 1995, citado en Larios (1998).

2.- Se toma en cuenta las necesidad y los conocimientos previos de cada estudiante.

"Llegar a conocer es un proceso adaptativo que organiza el mundo experiencial de uno; no se descubre un independiente y preexistente mundo fuera de la mente del conocedor". Kilpatrick, 1995, citado en Larios (1998).

Nuestras creencias van formando concepciones de la realidad que nos han permitido entender y adaptarnos a nuestro medio cotidiano. Las concepciones sensoriales provenientes de mecanismos de búsqueda causal para explicar nuestro medio, son concepciones arraigadas muy difíciles de cambiar. Las concepciones sociales son las creencias socialmente inducidas sobre numerosos hechos y el cambio de éstas puede provocar resistencias y conflictos en el entorno. Finalmente las concepciones educativas tienen un origen en los propios materiales, libros, formación en el profesorado, etc. Pozo et. al. (2002).

3.- Se promueve un ambiente enriquecedor.

Al enfrentarse y resolver problemas, los estudiantes emplean procesos mentales superiores para aplicar las habilidades cognoscitivas disponibles para resolverlos. “Estos procesos mentales superiores son también importantes porque hacen que el aprendizaje sea excitante, constantemente nuevo y divertido”. Bloom (1984).

4.- La simulación de problemas debe ser acerca de situaciones reales y probables.

“Las operaciones formales trascienden lo real, aquí y ahora, para plantearse, en un mismo nivel de análisis, lo potencial o lo posible. Las operaciones formales, en cuanto descripción psicológica del pensamiento científico, no se referirían tanto a la realidad próxima como a todas las realidades posibles. En el pensamiento formal, lo real pasa a ser un subconjunto de lo posible. La ciencia no se refiere nunca a una realidad concreta, aunque pueda aplicarse a ella, sino que se refiere sobre todo a lo posible y a lo necesario”. Pozo et. al. (2002).

“...es muy importante que al alumno se le haga útil la aplicación del conocimiento científico para interpretar el mundo real que le espera fuera de las aulas, y por lo tanto, todo esfuerzo, investigación e innovación que haga que los alumnos usen fuera del aula los conocimientos con problemas reales a los que se enfrentarán en su vida profesional...” Pozo et. al. (2002).

5.- El aprendizaje debe ser integrativo.

De acuerdo a Bloom (1984) “...Estos procesos mentales superiores... permite a los estudiantes relacionar su conocimiento a los muchos problemas que encuentran en el día a día...”.

6.- Se enfatiza el significado y no los hechos.

“Al decir aprendizaje significativo, pienso en una forma de aprendizaje que es más que una mera acumulación de hechos. Es una manera de aprender que señala una diferencia –en la conducta del individuo, en sus actividades futuras, en sus actitudes y en su personalidad-; es un aprendizaje penetrante que no consiste en un simple aumento del caudal de conocimientos, sino que se entreteje con cada aspecto de su existencia”. Rogers (1964).

7.- Resolución y discusión activa-cooperativa.

"El conocimiento objetivo sólo es alcanzado cuando ha sido discutido y confirmado por otros". Piaget citado en Mella (2001).

8.- Recapitulación y conclusión.

Las estructuras cognoscitivas están en desarrollo continuo. La actividad con propósito induce la transformación de las estructuras existentes. Kilpatrick, 1995, citado en Larios (1998).

9.- Utilización del aprendizaje en nuevos problemas

El aprendizaje por **RP** plantea incrementar las habilidades cognoscitivas mediante los procesos anteriormente descritos. "Estas habilidades son consideradas como un grupo de características esenciales que se necesitan para continuar el aprendizaje y para adaptarse a un mundo rápidamente cambiante". Bloom (1984).

Bases biológicas del aprendizaje - Neo Darwinismo.

Aprender es en última instancia una adaptación de la estructura y la fisiología del cerebro al medio. Poco a poco hemos ido entendiendo como los cambios en nuestra psique, el desarrollo de procesos mentales superiores o nuevas habilidades cognoscitivas se traducen en cambios en nuestras neuronas.

El Neo Darwinismo es una teoría seleccionista a gran escala del desarrollo del cerebro y sus funciones. Se propuso inicialmente en 1978 por Edelman y se ha desarrollado extensivamente. De acuerdo al Neo Darwinismo, la conciencia se forma a partir de interacciones de re-entrada (retroalimentación) de las poblaciones neuronales en el sistema tálamo-cortical. Esta interacción, que permite discriminaciones de alto nivel sobre los posibles estados de la corteza, confiere ventajas selectivas a los organismos que la poseen, ligando los eventos perceptuales actuales con la historia pasada de los valores dependientes del aprendizaje.

De acuerdo con Edelman (1989) la inteligencia humana se desarrolla como resultado de la interacción entre las capacidades lingüísticas y la conciencia primaria que existe en los individuos gracias a la selección (experiencial) y la retroalimentación (re-entrada). Los significados provienen de la interacción de la memoria, de valores categorizados combinados con la actividad de áreas conceptuales y de áreas del lenguaje.

En cada punto del desarrollo de un individuo, un complejo, dinámico e idiosincrático sistema de factores, determinado por los genes y el medio resultan en un conjunto particular de posibles futuros, y los objetivos y valores que cada individuo por si mismo genera, desempeñan una parte crítica en la serie de

selecciones que harán el mapa de ese individuo en su desarrollo a través del tiempo.

“Aprender es entonces una manera de categorizar, entre todas las posibles variantes del comportamiento, aquellas que tienen los requerimientos de valor, resultando en una regeneración de comportamientos adaptativos”. Edelman, (1989).

Estos son los procesos de selección de conocimientos que sugiere Edelman:

1.- La Selección de conjuntos neuronales a través del desarrollo.

Durante el desarrollo embrionario y postnatal se forman grupos neuronales. De los billones de interacciones que son posibles durante el desarrollo, algunas particulares son seleccionadas, estableciendo un “repertorio primario” de grupos de circuitos neuronales (Edelman, 1989).

2.- La Selección por experiencia, con facilitación y reforzamiento sináptico.

La alteración de la cantidad, el tamaño y la fortaleza de las sinapsis durante la actividad, seleccionando las respuestas relacionadas con esos grupos neuronales que posibilitan comportamientos adaptativos. Esta selección es hecha de acuerdo al “valor” del comportamiento particular (Edelman, 1989).

3.- El concepto de reentrada (retroalimentación)

Para el patrón de grupos neuronales seleccionados, dada la recurrencia de las mismas circunstancias medioambientales, estos se pueden ligar entre si y generar gran número de ligas distribuidas paralela y bidireccionalmente inter e intra grupos neuronales relacionados al mismo estímulo perceptual (Edelman, 1989).

Edelman se refiere a circuitos reiterados que sirven para correlacionar y coordinar los mapas de actividad neuronal establecidos a través de los dos primeros procesos. Aquí es donde el aprendizaje se explica por la consolidación de mapas neuronales.

Según Edelman, (1989) la categorización de valores o, en otras palabras, el significado que el ser humano le da a los estímulos del medio y a los que él mismo genera, en un proceso de aprendizaje, es la siguiente:

PRIMARIO- De sobrevivencia. Las estructuras que lo controlan están ligadas con el sistema cortical, envuelto profundamente dentro del cerebro límbico.

SECUNDARIO- El cerebro humano adiciona a los valores biológicos sus propias metas, propósitos y valores.

TERCIARIO- Los sistemas de valores de una cultura aumentan las posibilidades o las formas de aprendizaje de un individuo, proporcionando acceso al conocimiento cultural que se ha acumulado durante muchas generaciones. Los individuos deben entonces someter ese conocimiento a sus sistemas primario y secundario para que se vuelvan parte de ese conocimiento individual.

ANTECEDENTES

Enseñanza a través de sistemas multimedia.

Las teorías y los descubrimientos sobre el aprendizaje avanzan día con día y también las herramientas para implementarlas. A continuación se exploran las nuevas tecnologías, en particular los sistemas multimedia, aplicadas a la enseñanza.

La tecnología computacional es una gran alternativa para el apoyo de la enseñanza de la biología a todos los niveles (Dreyfus *et al.*, 1993; Sewell *et al.*, 1995. citados en Korfiatis *et al.*, 1999). Las computadoras pueden proveer una oportunidad de presentar material biológico de una manera entretenida y motivante, pero también la capacidad interactiva proporciona grandes ventajas para comunicar efectivamente y clarificar los conceptos biológicos. Se ha remarcado también, que la simulación por computadora puede mejorar la habilidad relativa al análisis y aplicación de modelos biológicos y la presentación gráfica de los conceptos ayuda a los estudiantes, ya que las imágenes son más fácilmente recordadas que las palabras (Dechsri y Heikkinen, 1997; Escalada y Zollman, 1997).

Korfiatis y colaboradores (1999) proponen que es efectivo el uso de programas de simulación por computadora como una herramienta tutorial para la enseñanza de ecología de poblaciones a nivel universitario y concluye que:

“Considerando la utilidad de la simulación como una herramienta de enseñanza, los estudiantes la encontraron muy interesante, en contraposición con la atención pasiva requerida por los seminarios, estando involucrados en un método interactivo que incrementó su interés personal en la materia... Finalmente los estudiantes creen que el uso de computadoras sería de gran ayuda en otros temas también”

Las herramientas interactivas apoyan determinadamente todas las actividades de educación ya que el uso de estos medios, presenta la información referente a los conceptos de estudio de forma accesible y organizada de tal modo que se sitúe en un contexto general, para que sea atractiva y fácil de recordar. La multimedia no es un fin en sí misma, solo es un vehículo educativo para difundir conocimiento.

“... una buena didáctica, buenos vehículos para hacer llegar los conocimientos del profesor, facilitarán el éxito de la empresa educativa, tanto del adiestramiento como de la educación científica propiamente.” (Holton, 1985 citado por Navarro y Llorente, 1994).

TERCIARIO- Los sistemas de valores de una cultura aumentan las posibilidades o las formas de aprendizaje de un individuo, proporcionando acceso al conocimiento cultural que se ha acumulado durante muchas generaciones. Los individuos deben entonces someter ese conocimiento a sus sistemas primario y secundario para que se vuelvan parte de ese conocimiento individual.

ANTECEDENTES

Enseñanza a través de sistemas multimedia.

Las teorías y los descubrimientos sobre el aprendizaje avanzan día con día y también las herramientas para implementarlas. A continuación se exploran las nuevas tecnologías, en particular los sistemas multimedia, aplicadas a la enseñanza.

La tecnología computacional es una gran alternativa para el apoyo de la enseñanza de la biología a todos los niveles (Dreyfus *et al.*, 1993; Sewell *et al.*, 1995. citados en Korfiatis *et al.*, 1999). Las computadoras pueden proveer una oportunidad de presentar material biológico de una manera entretenida y motivante, pero también la capacidad interactiva proporciona grandes ventajas para comunicar efectivamente y clarificar los conceptos biológicos. Se ha remarcado también, que la simulación por computadora puede mejorar la habilidad relativa al análisis y aplicación de modelos biológicos y la presentación gráfica de los conceptos ayuda a los estudiantes, ya que las imágenes son más fácilmente recordadas que las palabras (Dechsri y Heikkinen, 1997; Escalada y Zollman, 1997).

Korfiatis y colaboradores (1999) proponen que es efectivo el uso de programas de simulación por computadora como una herramienta tutorial para la enseñanza de ecología de poblaciones a nivel universitario y concluye que:

“Considerando la utilidad de la simulación como una herramienta de enseñanza, los estudiantes la encontraron muy interesante, en contraposición con la atención pasiva requerida por los seminarios, estando involucrados en un método interactivo que incrementó su interés personal en la materia... Finalmente los estudiantes creen que el uso de computadoras sería de gran ayuda en otros temas también”

Las herramientas interactivas apoyan determinadamente todas las actividades de educación ya que el uso de estos medios, presenta la información referente a los conceptos de estudio de forma accesible y organizada de tal modo que se sitúe en un contexto general, para que sea atractiva y fácil de recordar. La multimedia no es un fin en sí misma, solo es un vehículo educativo para difundir conocimiento.

“... una buena didáctica, buenos vehículos para hacer llegar los conocimientos del profesor, facilitarán el éxito de la empresa educativa, tanto del adiestramiento como de la educación científica propiamente.” (Holton, 1985 citado por Navarro y Llorente, 1994).

Aplicación de Resolución de Problemas a un sistemas multimedia.

Un SM educacional es un programa cuyo propósito es ayudar al estudiante en una actividad de aprendizaje. El sistema conlleva la organización teórica y metodológica en un programa de cómputo. El resultado de este sistema depende de la coordinación de sus componentes.

El desarrollo de sistemas multimedia como herramienta de enseñanza es una tarea compleja y requiere una colaboración multidisciplinaria (Kearsley, 1997). Kearsley menciona que el diseño y desarrollo de "Sistemas Tutoriales Inteligentes" se encuentra en la intersección de la ciencia de la computación, la psicología cognitiva y la investigación educativa". Además, como vimos anteriormente, para encontrar las pautas para lograr aprendizajes más eficientes, se requiere la intervención de áreas neurofisiológicas, neuropsicológicas y biológicas. En la metodología RP es indispensable un experto en la materia que se esté enseñando, ya que el éxito del modelo depende de un diseño y estructuración, adecuados, así como de una jerarquización apropiada de problemas.

Otra variable que se debe considerar en los desarrollos multimedia es la interfaz, por medio de la cual el sistema y el estudiante se comunican. Esto es de una importancia central para los investigadores involucrados en el desarrollo de programas multimedia para enseñanza (Michael y Rovick, 1997). Estas interfaces pueden contener implícitamente parte de la metodología de resolución de problemas.

A pesar de que las computadoras han sido vistas tradicionalmente como una herramienta para ser usada individualmente, hay una creciente área de estudio llamada Soporte Computacional para el Trabajo Cooperativo, que ha sido fundada bajo la noción de que las computadoras y sus redes deben ser utilizadas para facilitar, aumentar y eventualmente redefinir la interacción social entre los miembros de un grupo de trabajo (Grief, 1988; Galegher, Kraut y Egido, 1990).

Varios teóricos de la educación desde Vygotsky (en su ensayo "La conciencia como problema de la psicología del comportamiento", 1925) hasta Leave y Wenger (1991) han remarcado la importancia de la interacción social para aprender. Muchas metodologías actuales de educación como aprendizaje por RP, dependen de la interacción colaborativa dentro del grupo de aprendizaje.

Koschmann, de la escuela de medicina de la Universidad del Sur de Illinois, ha estudiado el uso de la instrucción colaborativa basada en computadoras. Durante el proceso de resolución de problemas, los casos son presentados a los estudiantes electrónicamente; explotando los beneficios de la multimedia. Los estudiantes pueden sacar información libremente del material disponible relacionado del disco compacto, bases de datos y recursos externos. El registro de avance de los estudiante se hace automáticamente en el sistema. Los beneficios de la discusión cooperativa se preservan poniendo a un grupo de estudiantes en la misma red. "La nueva versión de RP tiene las mejores características que el

presencial, pero ofrece posibilidades de enseñanza no disponibles antes de la introducción de la mediación por computadora" (Koschmann *et al.*, 1990).

Al aplicar el modelo de enseñanza por RP con una herramienta interactiva como lo es un SM, se logrará un material de apoyo con las ventajas antes mencionadas, que permita a los estudiantes tener información, pero también poder aplicarla en problemas que se les presentarán de una manera estructurada y jerarquizada en un ambiente virtual y la posibilidad de construir modelos biológicos por sí mismos, para lograr tener un entendimiento sobre los conceptos y su aplicación a una profundidad mayor de lo que se podrían tocar estos temas en una clase debido a los tiempos que se tienen que cubrir en los programas.

Biología de Animales II.

La planificación de un SM educacional y la aplicación de la metodología pedagógica basada en RP deben estar basados en un plan de estudios, una temática y objetivos particulares para poder hacer el diseño instruccional.

La asignatura "Biología de Animales II" que se imparte dentro del quinto semestre, de la carrera de Biología, ha sido elegida para aplicar un SM basado en el modelo de RP debido a que es una materia que incluye el enfoque hacia la fisiología comparada, tema que no ha sido aplicado, por lo menos en México, con herramientas interactivas. Además esta materia tiene desarrollado un libro de texto de la asignatura elaborado por los mismos catedráticos que imparten el curso, que servirá de base y validación para los contenidos conceptuales del SM.

Esta materia se encuentra dentro del nuevo plan de estudios de la Licenciatura en Biología que tiene como objetivo formar profesionistas capaces de plantear y entender los problemas biológicos de diversa índole, así como de presentar soluciones a los mismos.

El plan describe que: "...el alumno asimilará la información biológica fundamental y se formará en el manejo cotidiano de las metodologías científicas, con eficiencia y rigor académico, para poder solucionar los problemas a los que se enfrentará durante el ejercicio de la profesión. El estudio de la Biología requiere de plena libertad, tanto para el conocimiento científico, como para la generación del mismo."

En el nuevo plan existe una separación en dos formas de enseñanza con dos objetivos educativos complementarios, una busca el aprendizaje de los conocimientos básicos estructurales y la otra busca la formación científica, indagadora y experimental; con ambas se logra una formación más completa del estudiante y se aprovechan las cualidades de dos estructuras educativas: la escolar y la tutorial.

"Está diseñado para brindar los recursos para formar biólogos capaces de incorporarse al ejercicio de la profesión en diversos ámbitos tanto públicos como

privados, con una información y formación científica que les permitirá conocer el desarrollo de la Biología, su estado actual, y los recursos técnicos e instrumentales, para abordar y atender los problemas biológicos.”(Plan de estudios).

Dentro del actual plan de estudios de la Carrera de biología, de esta Facultad, existen 17 asignaturas obligatorias que proporcionan al estudiante información del conocimiento biológico que se ha sustentado bajo una perspectiva evolutiva. Estas asignaturas se han estructurado en tres unidades conceptuales, una de estas corresponde a: Biología de los organismos que conforman los cinco reinos biológicos (Biología de Procariontes, Biología de Protistas y Algas, Biología de Hongos, Biología de Plantas I y II, y Biología de Animales I, II y III).

Los objetivos oficiales de la asignatura Biología de Animales II publicados por el Área del Conocimiento de Biología, Facultad de Ciencias son:

1. Estudiar y analizar algunas de las adaptaciones fisiológicas que han favorecido la diversidad animal de la era actual, con el objeto de dilucidar su historia evolutiva.
2. Analizar el funcionamiento de los aparatos y sistemas con algunos ejemplos representativos, formulando modelos experimentales que ayuden a su comprensión y fomenten la creatividad del alumno.
3. Analizar este tipo de fenómenos holísticos tratando de integrar los mecanismos y procesos estudiados en las biología molecular, celular, y genética como determinantes de la adaptación y la evolución.

De esta materia se eligió el tema IX “Transporte e intercambio de gases y regulación del pH corporal, por que:

- Puede ser una temática muy extensa que no llega a tocarse a la profundidad que quisieran alumnos y maestros;
- Tienen un enfoque y numerosos ejemplos sobre fisiología comparada;
- Se pueden considerar un tema integrativo.

El objetivo general del tema es:

“El alumno conocerá los distintos tipos de respiración presentes en los animales y la participación del intercambio gaseoso en la regulación del pH extracelular.”

HIPÓTESIS

Si un sistema multimedia estructurado con la metodología basada en resolución de problemas (SM-RP) puede generar un mayor aprendizaje de conceptos sobre fisiología animal respiratoria y un mayor nivel de conocimiento sobre estos conceptos que un sistema multimedia estructurado con la metodología tradicional (SM-T), entonces, al aplicarlo en alumnos de Biología de Animales II se encontrará un mayor aprendizaje y niveles más profundos de conocimiento en el SM-RP que en el SM-T.

OBJETIVO GENERAL

Valorar el aprendizaje y del alcance en el conocimiento, comprensión y aplicación de conceptos sobre la fisiología respiratoria en alumnos universitarios sometidos a un proceso de enseñanza a través de la interacción con un sistema multimedia basado en la metodología de "Resolución de Problemas"

Objetivos Específicos

1. Determinar el impacto en el aprendizaje al utilizar una intervención **tradicional**: Una clase-conferencia más un **SM** basado en el método tradicional (SM-T), *consultado de manera individual*, para la enseñanza de fisiología respiratoria.
2. Determinar el impacto en el aprendizaje al utilizar una intervención **Mixta**: Una clase-conferencia más un **SM** basado en **RP** (SM-RP), *consultado de manera individual*, y una clase de discusión – cooperativa como cierre, para la enseñanza de fisiología respiratoria.
3. Determinar el impacto en el aprendizaje al utilizar una intervención **RP**: un **SM** basado en **RP** (SM-RP) *consultado en equipos*, para la enseñanza de fisiología respiratoria.
4. Comparar el efecto de la intervención **tradicional, mixta y RP** en el nivel de conocimiento, comprensión y aplicación de acuerdo a la taxonomía de Bloom.

METODOLOGÍA

I Respaldo teórico: Selección y estructuración de información

A partir del plan de estudios y del libro de texto "Biología Funcional de los Animales" (Fanjul, et.al., 1998), se hizo una comparación de temarios y se generó una propuesta de temas. Se observó también el orden y la estructuración jerárquica de los temas para finalizar con una propuesta con un enfoque cíclico en donde el alumno tenga desde un principio un manejo general del tema como una guía para no perder ubicación dentro del mismo. Este antecedente nos permitió pasar de lleno a tratar la esencia del proceso de respiración a nivel celular sin la posibilidad de que el alumno se extravíe en la especificidad, para seguir avanzando en orden de complejidad a nivel orgánico, sistémico y finalmente organismico, siempre con el enfoque comparativo y ecológico. Para concluir se propuso cerrar con temas generales integrativos que permitieran aplicar conceptos e interrelaciones y retomar la visión integral del proceso de respiración (**anexo 1**).

A partir de la estructuración y temática propuestas se redactaron los objetivos específicos y el contenido a desarrollar en el SM. Estos fueron revisados y supervisados por expertos académicos (**anexo 2**). Este fue el esqueleto a partir del cual se desarrolló el guión literario del multimedia. Para esto se hizo una investigación exhaustiva que partió del libro de texto de la materia (Fanjul, et.al., 1998), pero que se extendió a libros relacionados (Burneo, 1979; Randal, et. al., 1997; Dejours, et. al., 1987; Michael y Rovick, 1999) y artículos actuales sobre investigaciones relacionadas a la fisiología respiratoria animal (Walsh, et. al., 1996; Frappell, et. al., 1998; bogas, et. al., 1998; McAllen y Taylor, 2001; Remmers, et. al., 2001; Chaui-Berlinck, et. al., 2001; etc.). Dentro de la investigación bibliográfica se encontró una teoría evolutiva llamada "De la baja oxigenación arterial a la estrategia de baja oxigenación tisular" (Massabuau, 2001), que funcionó como eje temático e integrador para la estructuración de los problemas de modo que fueron diseñados como una investigación real en donde los estudiantes pudieran aportar conclusiones a favor o en contra de esta teoría. A partir de esto se estructuraron siete sub-problemas a resolver apoyados cada uno en investigaciones reales (Forgue et al., 1989; Tran, 2000; Burnett, 1979; Forgue, et. al., 1992; Farrelly y Greenaway, 1993; Legeay y Massabuau, 1999; Canfield, 1998; Bancho y Grover; 1972; Massabuau, 1995; Nikinmaa, 2001; Gautier y Murariu, 2001;).

Para desarrollar los simuladores se partió de los resultados obtenidos por los experimentos citados anteriormente. Se extrapolaron los datos utilizando líneas de tendencia que permitieran aproximarse a la ecuación de la gráfica para cada organismo, en cada condición determinada. Los cálculos quedaron tal como se detallan a continuación (**tabla 1**).

Tabla 1. Ecuaciones de los simuladores

ORGANISMO	CONDICIÓN	LINEA DE TENDENCIA	ECUACIÓN
	EFFECTO DE LA PRESIÓN PARCIAL DE OXÍGENO SOBRE LOS SIGUIENTES PARÁMETROS:		
<i>Corbicula</i>	vW (tasa ventilatoria)	Potencial	$y = 6106x - 1.0704$ $R^2 = 0.9649$
<i>Corbicula</i>	mO ₂ (Consumo de oxígeno)	Logarítmica	$y = 0.028\ln(x) + 0.1039$ $R^2 = 0.8162$
<i>Corbicula</i>	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	$y = 0.0322x + 2.8895$ $R^2 = 0.96$
<i>Silurus</i>	vW (Tasa ventilatoria)	Potencial	$y = 1360.1x - 1.0772$ $R^2 = 0.9973$
<i>Silurus</i>	mO ₂ (Consumo de oxígeno)	Lineal	$y = -0.0168x + 15.479$ $R^2 = 0.6849$
<i>Silurus</i>	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Polinómica	$y = -0.0011x^2 + 0.0545x + 1.5404$ $R^2 = 0.5961$
<i>Astacus</i>	vW (Tasa ventilatoria)	Polinómica	$y = -0.0921x^3 + 6.2123x^2 - 133.14x + 951.95$ $R^2 = 0.8214$
<i>Astacus</i>	mO ₂ (Consumo de oxígeno)	Media móvil	$y = 2.1739\ln(x) + 9.4189$
<i>Astacus</i>	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Logarítmica	$y = 1.0181\ln(x) + 0.0187$ $R^2 = 0.972$
Cangrejo Verde	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	$y = 5.4286x - 1.7143$ $R^2 = 1$

ORGANISMO	CONDICIÓN	LINEA DE TENDENCIA	ECUACIÓN
Acocil	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Logarítmica	y = 0.667Ln(x) + 0.3874 R2 = 0.8238
Carpa	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	y = 0.0465x + 2.1704 R2 = 0.9999
Almeja asiática	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	y = 0.0328x + 2.6214 R2 = 0.843
Oveja	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Exponencial	y = 1.9574e0.0869x R2 = 0.956
Llama	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	y = 0.4687x + 0.771 R2 = 0.9564
Rata	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	y = 0.6494x - 1.0223 R2 = 0.9735
Pato	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	y = 1.5714x + 2 R2 = 1
<i>Ocypode quadratta</i>	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	y = 0.0611x + 1.3167 R2 = 1
	EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PaO₂:		
<i>Carcinus</i>	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	y = 0.05x + 2.2167 R2 = 0.9868
<i>Astacus</i>	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	y = 0.05x + 2.7 R2 = 1
<i>Cyprinus</i>	PaO ₂ (Presión parcial de oxígeno arterial)	Lineal	y = -0.0333x + 4.1333 R2 = 1

A partir de la metodología de RP se diseñó un esquema al que le llamamos "mapa de resolución de problemas" (**anexo 3**). Este nos serviría para guiarnos en el diseño de los problemas, pero también para que pudiera funcionar como una herramienta metodológica que orientara a los alumnos en el proceso de resolución de problemas. El esquema de los sub-problemas parte de una interrogante con dos posibles vías de resolución, una en donde se acepta la hipótesis nula y otra donde se rechaza. Al esquema se le anexan las partes informativa y experimentales que están alrededor del problema y que le irán dando más peso a una u otra vía de resolución. El esquema de resolución de problemas general que cumple la misma lógica, parte de la interrogante:

¿LA EXISTENCIA DE UNA BAJA PRESION PARCIAL DE OXIGENO ARTERIAL (PAO₂) EN ANIMALES ACUATICOS, POIQUILOTERMOS TERRESTRES Y TEJIDOS DE MAMIFEROS SE DEBE A QUE...?

*A) Es una **adaptación secundaria** ya que se encuentran en un ambiente circundante con una baja Po₂*

*B) Los niveles de oxigenación en las células individuales han permanecido constantes durante la evolución para mantener la oxigenación del medio original: **Estrategia evolutiva***

Este esquema está intersectado por sub-problemas (originalmente se diseñaron 8, pero durante el desarrollo del SM se redujeron a siete) y la conclusión de cada uno de estos sub-problemas apoya a la opción A o B. Cuando el estudiante haya resuelto todos los sub-problemas tendrá el suficiente respaldo conceptual, experimental y gráfico para decidir cuál será la vía apoyada por su investigación.

A partir de esta estructura se escribió el guión literario del SM que incluiría todos los materiales de apoyo a los problemas: información sobre procesos fisiológicos, información sobre organismos, información sobre sistemas respiratorios, experimentos, etc.. Dada la complejidad y la multidimensionalidad del guión se prefirió hacer un documento hipertextual (un documento en Word con hipervínculos) que permitiera ir estructurando la información sobre un eje principal y anexar toda la información complementaria como hipervínculos. Esto nos permitió incluir una gran cantidad de información sin riesgo de perdernos. En el **anexo 4** se presenta este eje sobre el cual se encontraba desarrollada la información, pero sin los hipervínculos por las limitaciones del medio impreso, sin embargo el documento como tal podrá consultarse en los anexos del disco compacto de la tesis.

II Diseño de los sistemas multimedia

II.1 Sistema multimedia basado en la metodología RP

II.1.1 La Concepción Inicial (Guión Conceptual)

Para lograrlo se partió de la experiencia pedagógica y las bases psicológica del modelo de aprendizaje por RP. Se realizó la fundamentación teórica sobre:

1. La psicología cognoscitiva y la educación científica.
2. El constructivismo como base para el aprendizaje por RP.
3. Fundamentos del modelo basado en RP.
4. RP aplicado en sistemas computacionales.

Estos temas que son revisados en la introducción fueron el punto de partida para el planteamiento inicial del SM el cual se detalla a continuación:

Las metas educacionales principales del multimedia son:

1. Que los estudiantes que usen este sistema, adquieran un modelo cualitativo y causal de los sistemas respiratorios y sus componentes fisiológicos.
2. Que aprendan un método para resolver problemas que les permita aplicarlo a cualquier problema del tema.

Los objetivos pedagógicos para adaptar Resolución de Problemas a un multimedia fueron:

1. Diseñar y desarrollar el marco teórico del tema, estructurado bajo la metodología de resolución de problemas.
2. Diseñar los problemas y su jerarquía de acuerdo al modelo pedagógico pero con un enfoque aplicable a un SM.
3. Desarrollar el plan de enseñanza mediante multimedia.
4. Diseñar y desarrollar el SM
5. Diseñar los mecanismos de evaluación interna del multimedia

Durante la investigación se fue desarrollado un modelo de enseñanza multimedia, en un ambiente de solución de problemas que ayudaría a los estudiantes a integrar su conocimiento en un modelo cualitativo-causal y coherente sobre el tema, totalmente adecuado a un ambiente virtual interactivo.

La característica clave fue el uso de resolución de problemas en un proceso de facilitación para la construcción e integración del conocimiento.

A partir del modelo de aprendizaje por RP, se desarrolló la herramienta interactiva en disco compacto con los siguientes objetivos específicos:

1. Plantear situaciones problemáticas que generen interés en los alumnos y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
2. Seguir una orientación científica, con emisión de hipótesis, elaboración de estrategias posibles de resolución y análisis.
3. Lograr que los alumnos comparen concepciones diferentes, que les lleve a replantear el problema y a emitir nuevas hipótesis.
4. Que los alumnos manejen y apliquen los nuevos conocimientos a nuevas situaciones para profundizar en los mismos y afianzarlos.
5. Seleccionar y secuenciar cuidadosamente los problemas de forma que se consiga despertar el interés de los alumnos y que se mantenga el grado de coherencia interna que requieren los contenidos que componen los temas a desarrollar.
6. Acompañar a las estrategias propias del aprendizaje por actividades de síntesis que den lugar a la elaboración de productos como esquemas, memorias, mapas conceptuales.

II.1.2 Secuencia de la aplicación del modelo de resolución de problemas en la herramienta interactiva:

A continuación se puntualiza cómo se estructuró la información en un modelo coherente aplicado a multimedia que respetara los fundamentos de RP.

1. Información contenida sobre los temas planteados (base conceptual).
 - Utilización y glosario de vocabulario especializado (**anexo 5**).
 - Manejo y glosario de datos numéricos (números que describen el estado de los organismos).
 - Desarrollo de hechos y conceptos fisiológicos acerca de los temas a tratar con acceso a ellos a través de un índice analítico.
 - Desarrollo de la relación entre variables fisiológicas contenidas en los temas a tratar.
 - Todo esto apoyado por imágenes, simulaciones, gráficas, etc.
2. Modelaje de resolución de problemas:
 - Planteamiento del problema.
 - Determinación de los parámetros y las variables del sistema (cuadro descriptivo con los parámetros y las variables involucradas en el problema).
 - Relación cualitativa entre las variables involucradas (mapa conceptual o red conceptual).
 - Relación cuantitativa entre las variables relevantes (ecuación y gráfica).
 - Hipótesis.

- Resolución del problema cuantitativo, cualitativo y explicativo (cuadros explicativos con las ideas medulares y mapas conceptuales con los pasos y su secuencia).

3. Planteamiento y resolución de problemas.

- A partir del modelaje anterior, se plantea un problema para que sea resuelto por el estudiante.
- Durante el análisis inicial del problema, el alumno debe crear un modelo mental relativo a la situación que se describe en el enunciado. Es muy probable que este primer modelo inicial del problema sea incompleto y tenga lagunas importantes. Así mismo, descubrirá posibilidades alternativas y enfoques válidos que, en principio, pueden resultar apropiados para avanzar en la solución del problema o para explorar posibilidades. Deberá entonces buscar y aprender contenidos relevantes. Es evidente que en la formulación anterior gran parte de la responsabilidad del aprendizaje recae en el propio alumno.
- El desarrollo del problema será facilitado, se le irán dando ayudas al estudiante y tendrá acceso a utilizar herramientas como cuadros, crear mapas y hacer gráficas para ir resolviéndolo.
- Durante el proceso aparecen preguntas que enriquecerán la discusión y cuyas respuestas (investigadas por el estudiante) apoyarán la resolución del problema.
- El estudiante deberá hacer un experimento en los simuladores disponibles que le permita discutir y llegar a conclusiones sobre el problema planteado.

4. Autoevaluación

- Los cuadros, mapas y gráficas que el estudiante vaya elaborando, son presentadas como ayuda durante el proceso, para que él mismo pueda evaluar si el desarrollo y los resultados que está obteniendo, son consistentes con su planteamiento inicial.
- El sistema interactivo muestra, si el estudiante lo requiere, un diagrama de las fases de resolución, indicará en que parte va y le mostrará cuales ha omitido. Esto para que le ayude a reestructurar su desarrollo.

5. Discusión Cooperativa

- La fase de discusión cooperativa fue complementaria en el grupo experimental "B" ya que se resolvió con una clase presencial de discusión grupal mediada por un facilitador, posteriormente al uso del multimedia. Pero en el caso del grupo "C" se resolvió mediante el trabajo en equipos durante todo el proceso de resolución de problemas mediado por computadora. En este caso equipos de tres personas trabajaron en una sola terminal y los mismos permanecieron juntos durante el tiempo o las sesiones necesarias para terminar el proceso (aprox. 6 hrs. en total).

6. Nuevos problemas aplicados de una manera ascendente en complejidad en donde los conocimientos adquiridos después de cada problema, se retomen para aplicarlo a un nuevo problema de mayor complejidad.
 - Al terminar cada problema se inicia un nuevo reto al cual sólo se podrá acceder, siempre y cuando se haya resuelto el problema anterior.
7. Evaluaciones
 - El programa interactivo hace una evaluación al finalizar cada experimento (simulador) con preguntas cerradas a manera de conclusión. Así mismo al término de cada sub-problema el usuario tendrá que integrar correctamente un mapa conceptual que suponga el entendimiento integral del problema en cuestión. Estas herramientas permitirán garantizar la efectividad y reforzar el proceso enseñanza-aprendizaje interactiva.

II.1.3 Desarrollo de la interfaz: mapa de navegación, guión técnico, diseño de interfaz.

El reto ahora era traducirlo a un SM, estructurar las partes que contendría y la forma como el usuario podría acceder a estas, para lo cual se desarrolló un mapa de navegación (**anexo 6**). En él se especificó que el SM tendría cuatro áreas principales:

1. AREA DE PROBLEMAS: En donde estaría el mapa general de resolución de problemas y desde donde se iría accediendo de forma ordenada a los sub-problemas diseñados.
2. AREA DE BIBLIOTECA: En donde estarían temas generales y particulares que les ayudarían a los usuarios a conocer y a entender los conceptos que necesitaban manejar para resolver los problemas.
3. AREA DE BIOTERIO: En donde los usuarios podrían tener acceso a las características sobre la fisiología respiratoria de organismos que se relacionen en la información o se utilicen en las experimentaciones.
4. AREA EXPERIMENTAL: En donde el usuario podría acceder a los simuladores para hacer experimentaciones, hacer análisis de resultados y llegar a conclusiones que respalden o rechacen las hipótesis de los alumnos.

Se propuso tener botones auxiliares: glosario (compendio de términos y sus definiciones), ayuda (auxilio para el uso del interactivo de acuerdo al área en donde se encuentre el usuario) y guía (explicación del multimedia que permita al usuario ver en poco tiempo todas las áreas que lo componen).

Ya que teníamos la estructura general empezamos a desarrollar cómo se integrarían cada una de las pantallas, la identificación de los medios que se necesitarían usar y la programación que se necesitaría hacer. Para esto existe una herramienta gráfica llamada guión técnico (En el **anexo 7** se muestran algunos ejemplos).

Todo esto se enmarca en un diseño gráfico que va a ser el medio por el cual la computadora se comunique con el usuario. La interfaz es el medio por el cual el usuario puede interactuar con los contenidos de un programa. La pantalla de la computadora es una ventana por la que el usuario accede a los contenidos del hipermedia¹ en un entorno virtual (Regil, 2002).

El diseño de la interfaz fue un proceso que evolucionó a lo largo del desarrollo del sistema ya que el reto de lograr el grado de accesibilidad e interactividad que requería la metodología RP no fue una tarea fácil. Las limitaciones inherentes a no tener un equipo interdisciplinario de apoyo, se fueron supliendo con múltiples asesorías de expertos en multimedia del departamento de multimedia de UNIVERSUM y de la DGSCA de la UNAM.

II.1.4 Producción: adquisición y elaboración de medios

La cantidad de medios: textos, imágenes, animaciones, videos, etc., que lleva una empresa como la que nos propusimos es de una magnitud impresionante. Todos los textos, las animaciones y los videos que se presentan fueron desarrollados durante más de dos años. Muchas imágenes, y algunos modelados en 3D fueron conseguidos vía Internet cuidando que fueran materiales de uso libre de derechos.

Los programas que se utilizaron para producir y editar los medios fueron: Adobe Photoshop y Adobe Illustrator para las imágenes, 3D Max para las animaciones tridimensionales, Flash para animaciones bidimensionales, Adobe Premiere para la edición de videos, GoldWave para la grabación de sonidos y locución y toda una serie de programas anexos para la creación de cursores, de botones, y de ayudas.

II.1.5 Integración: Programación de módulos, interactividad y base de datos

La integración de toda esta información se hizo en un programa de autoría llamado Authorware. Aquí se programó toda la interactividad que se necesitaba, empezando con la navegación para que el usuario pudiera acceder de una manera coherente al SM libre o restringidamente según se necesitara para efectos de la interfaz y del modelo pedagógico.

Aquí se retomaron guiones específicos para programar cada una de las secciones y cada una de las pantallas, utilizando los medio previamente desarrollados y dándoles unidad funcional.

¹ Hipermedia es un término cuyo significado es el mismo que se le está dando en esta tesis a Multimedia y que ha sido definido como: "Sistema informático de combinación de texto, imagen y audio, diseñado y producido con intenciones determinadas, que en términos generales pueden ser: educar, entretener o informar. Una vez producido, las formas de interrelacionar los elementos del conjunto, dependerán de la capacidad de interacción usuario-contenido. Su característica fundamental, y quizá la más revolucionaria, es la posibilidad de enlace entre diferentes medios que lo componen (texto, imagen y audio). Particularidad que permite la ruptura de la estructura lineal, presente de hecho, hasta hace poco, en todos los medios" (Regil, 2001).

Tres características necesarias para el modelo basado en RP impusieron un reto especial:

1. Herramientas de evaluación (Los cuestionarios y los mapas conceptuales): Para incitar a investigar, previo a cada sub-problema se planteaba un cuestionario que el usuario debería responder con información previa o en caso de no tenerla referirse a la sección de BIBLIOTECA o de BIOTERIO. Además al finalizar algunas secciones se incluían algún mecanismo evaluador como tablas predictivas o mapas conceptuales que el usuario debía llenar. Todo esto implica un seguimiento del programa para condicionar el avance o la navegación a determinadas zonas de acuerdo a su desempeño en este tipo de instrumentos.
2. Simuladores experimentales: Cada experimento está basado en datos reales y actualizados, pero el simulador reproduce las condiciones y genera un experimento nuevo con resultados totalmente dependientes de las condiciones elegidas por el usuario. Para poder realizar esto tuvimos que calcular las ecuaciones de las gráficas formadas por los datos reales (**tabla 1**) y a partir de estas, programar la respuesta de la máquina a determinadas circunstancias. Esto hace que la parte experimental sea realmente útil, pueda repetirse cuantas veces sea necesario, sean experimentos personalizados al usuario y permitan llegar a conclusiones individuales (**anexo 8**).
3. Base de datos: El modelo RP nos orienta a darle al usuario un modelaje, una estructura que lo oriente acerca de la fase de resolución de problemas en la que se encuentra, y que le permita revisar lo que ha ido consiguiendo. Por otro lado es necesario darle la posibilidad de trabajar con el multimedia en distintas sesiones. Para esto debe hacerse un seguimiento y un respaldo de los avances del estudiante. Para solucionar esto se estructuró una base de datos que permite darle seguimiento a más de 1000 variables en las cuales se van guardando los avances por lo que el usuario puede continuar justo en donde se quedó siempre y cuando se identifique con su clave particular.

II.1.6 Postproducción

La postproducción se refiere a la etapa de trasladar el SM a un medio distribuible como un disco compacto y a proporcionar la accesibilidad al usuario para instalarlo. En este sentido para la experimentación se grabó en discos compactos, pero además se instaló en el disco duro de las computadoras de la sala de cómputo de la Facultad de Ciencias para evitar problemas al correr el sistema. Sin embargo, se desarrolló también una versión de instalación amigable con la asesoría de DGSCA para que en un momento dado pueda ser usado masivamente aunque ese no fue el objetivo inicial.

I.I.1.7 Pruebas

Se están desarrollando pruebas para depurar errores del sistema en dos niveles. El primero es un enfoque de interfaz en donde se quiere corroborar que el objetivo

con el que se diseñó cada una de las pantallas, la navegación y la interactividad es entendido a cabalidad por el usuario. Estas pruebas se están haciendo con asesoría del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CECADET), para lo cual se desarrolló una matriz de objetivos por pantalla (**anexo 9**). El otro nivel se refiere a errores técnicos y estos se están depurando con asesoría experta de la Lic. Adriana López Ridaura del área de multimedia de UNIVERSUM y con la corrección de errores detectados durante la misma fase experimental. Esto permitirá consolidar una versión con una alta garantía de usabilidad (término empleado para describir la facilidad con que el usuario puede usar el SM).

II.2 Sistema multimedia basado en la metodología tradicional

La producción del SM-T fue una adaptación del sistema basado en RP en donde en vez de estructurar el contenido con base en problemas, se eligieron siete ejes temáticos:

1. PIGMENTOS

Trata sobre cómo influyen las características del pigmento en el suplemento de oxígeno.

2. AFINIDAD

Afinidad de la sangre para el transporte de oxígeno.

3. TEMPERATURA

Concepto de homeotermos y poiquilotermos y cómo impacta la temperatura en la PO₂ arterial de estos.

4. PO₂ ARTERIAL

Efecto del nicho ecológico y el comportamiento en la PO₂ arterial.

5. HEMOGLOBINA

Curva de disociación. Cómo afecta la concentración de hemoglobina el transporte de oxígeno.

6. DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO

Oxiconformismo, regulación, hábitat con distinta disponibilidad de oxígeno.

7. MEDIO ACUÁTICO VS MEDIO TERRESTRES

Diferencia de la PO₂ arterial entre los organismos que habitan en estos dos medios.

En cada uno de estos ejes se presentaba un resumen que sería apoyado en las tres secciones restantes:

BIBLIOTECA

La información de los ejes temáticos podría ser aumentada revisando los temas de la biblioteca (los mismos que en el SM-RP).



LABORATORIO

En este caso los experimentos se presentarían como referencias de investigaciones previas en donde se describirían las variables, el protocolo y los resultados y conclusiones a los que habían llegado. Se conceptualizaron así para que los estudiantes pudieran conocer investigaciones que apoyaban los conceptos que se les estaban enseñando en cada uno de los ejes temáticos. (Estos experimentos descritos eran los mismos que los del SM-RP pero, por decirlo de alguna manera, ya digeridos).

BIOTERIO

Si los estudiantes tenían más curiosidad el bioterio quedaba igual que en el SM-RP para que pudieran comparar aspectos de fisiología respiratoria de diversos organismos.

Como instrumento de apoyo conceptual se incluyó el glosario con índice analítico (**anexo 5**) que revisaba concretamente algunos términos de fisiología respiratoria (Este instrumento era el mismo para el SM-RP).

III Procedimiento Experimental

Se trabajó con tres grupos de "Biología de animales II", a cada uno se le sometió a una condición específica (los estudiantes desconocían el grupo experimental al que pertenecían para evitar los cambios de actitud que esta información pudiera ocasionarles).

GRUPO A (SM-T + clase):

Este grupo tuvo una clase de 1:30 hrs. sobre el tema de "fisiología respiratoria animal comparada". Fue una clase-conferencia en donde el maestro expuso las características generales del tema en una forma "tradicional" de enseñanza.

A este grupo se les dieron horas fijas en la sala de cómputo para ir de manera individual y libre a trabajar con el SM-T, lo que les brindaba una herramienta de apoyo que reforzara los conceptos del tema de respiración, la cual por sí misma aumenta los tiempos de lectura y repaso que pudieran incrementar la adquisición de conceptos en los estudiantes.

El empleo del SM-T sirvió como contraste al SM-RP homogenizando el empleo de una herramienta multimedia, con la motivación o la "inhibición" que esto pueda provocar en los estudiantes, y permitiendo la comparación de las metodologías de enseñanza.

GRUPO B (SM-RP + clase):

Al igual que el anterior este grupo tuvo una clase de 1:30 hrs. sobre el tema, dado por el mismo maestro que el del grupo anterior y con la misma metodología tradicional para homogenizar esta variable con el grupo A ya que lo que nos interesaba contrastar era la efectividad del modelo de RP aplicado en el SM.

A este grupo se le dieron horas fijas en la sala de cómputo para ir de manera individual y libre a resolver el SM basado en RP. Cada alumno tuvo su propia clave para ir guardando avances hasta resolver los problemas incluidos.

Se acordó una clase especial de discusión cooperativa en donde los alumnos que resolvieron en su totalidad el SM-RP discutieron junto con un facilitador los resultados obtenidos en los experimentos del disco compacto y las conclusiones a las que cada quien había llegado. De esta manera, la parte de aprendizaje social que es básica en el modelo de RP, fue cubierta.

GRUPO C (SM-RP por equipos):

En este grupo se hizo la transferencia total del modelo de Resolución de Problemas a un ambiente virtual. No hubo la intervención de un maestro o facilitador para abordar el tema.

Los alumnos sin haber tenido noción específica sobre la fisiología respiratoria, se enfrentaron en equipos de tres personas al SM-RP. Esta característica de tres alumnos por estación de trabajo, permitía un proceso constante de discusión cooperativa, lo cual hacía cumplir totalmente con el modelo RP aún sin la intervención de un facilitador.

III Evaluación.

A partir de los objetivos se redactaron preguntas (**anexo 10**) cuyo contenido y validación fue revisado y aprobado por los profesores de la asignatura de Biología de Animales II de la Facultad de Ciencias de la UNAM previo a su utilización. El objetivo de la validación fue evaluar la claridad de las preguntas y su enfoque, el contenido (que abarque todo lo que se quiera evaluar), el formato, así como su procesamiento calificativo y estadístico.

Se utilizó la clasificación de Bloom para redactar las preguntas. Estas se diseñaron para los tres primeros niveles: "conocimiento", "comprensión" y "aplicación". Esto nos permitiría saber el alcance, en cuanto al nivel de habilidad cognitiva, de los estudiantes de acuerdo al modelo de intervención. En esta clasificación se plantea que el verbo usado para especificar la tarea pedida a los estudiantes refiere a la habilidad cognitiva que está tras un simple recuerdo o reconocimiento de hechos.

Se cuidó que no fuera posible contestar la pregunta si no se tenía un manejo del concepto al nivel que se estaba requiriendo, por lo que cuando respondieran la pregunta correctamente, los estudiantes demostraran que entienden el concepto y están capacitados para aplicarlo eficientemente al nivel que les exige la pregunta.

Se usaron preguntas cerradas con opción múltiple y una sola posibilidad correcta para facilitar el procesamiento estadístico de los test.

De estas preguntas el Mtro. Prieto eligió 26 representativas con las cuales se diseñó un pre-test que se aplicaría antes de iniciar el tema a los tres grupos de Biología de Animales II para evaluar conocimientos, comprensión y aplicación sobre conceptos de fisiología respiratoria. Se anexaron preguntas a este para obtener una estadística demográfica acerca del grupo (**anexo 11**).

Al finalizar cada intervención se aplicó un post-test para poder evaluar el conocimiento adquirido su comprensión y su aplicación.

Dado que nuestra hipótesis general plantea que el aprendizaje por resolución de problemas aplicado a un programa interactivo logrará un mejor entendimiento y aplicación de conceptos, debemos descartar que esta mejoría hipotética se deba a otras variables externas, por lo que se tendrá que comparar los resultados finales de las siguientes tres categorías en las cuales se dividió el test (**anexo 12**).

Preguntas control:

Se incluyeron aquí preguntas sobre conceptos que no se enseñaron ni en forma tradicional ni mediante Resolución de Problemas.

Esta categoría permitió discriminar si el cambio entre pre test y post test se debía realmente a la metodología empleada en la intervención y no a otros factores relacionados con la forma de evaluación.

Preguntas que evalúan conceptos enseñados de forma tradicional:

En esta categoría se incluye la evaluación de los conocimientos que fueron enseñados de una manera tradicional. Incluyendo los temas que estaban desarrollados dentro de los discos compactos (tanto el placebo como el basado en RP). Es decir todos los conceptos que obtuvieron mediante las conferencias o leyendo la información de los discos.

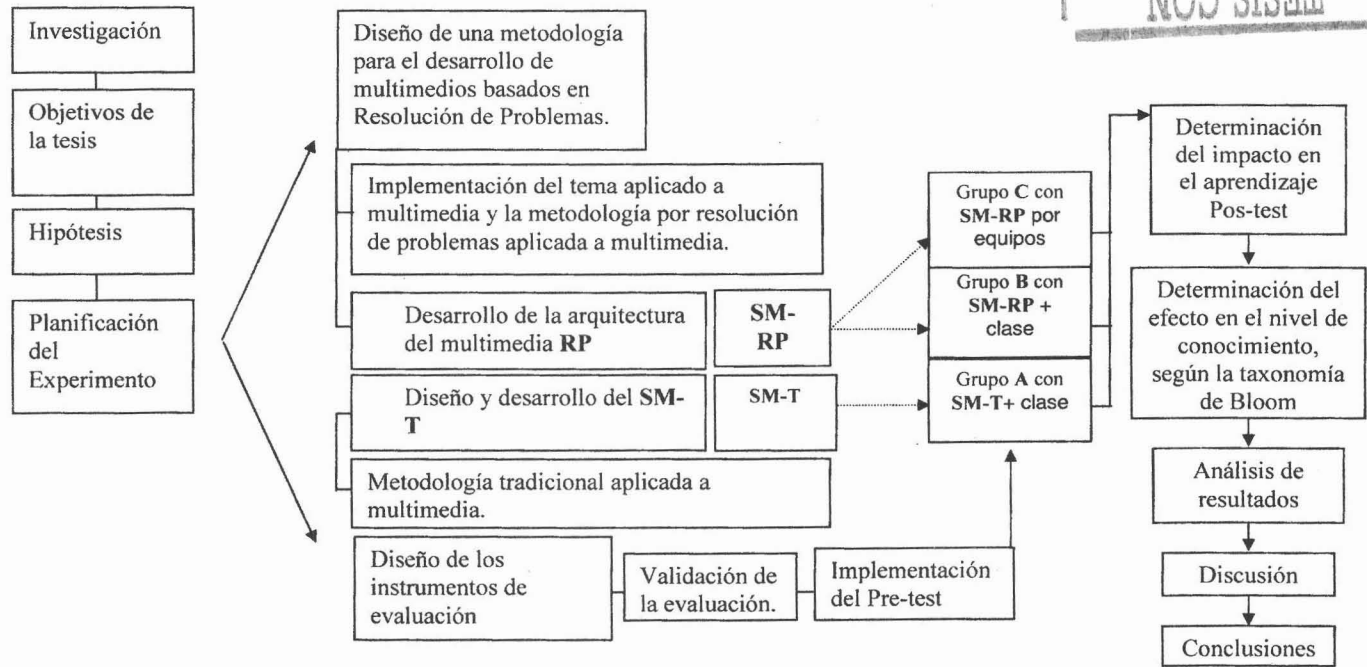
Preguntas que evalúan conceptos enseñados con la metodología RP:

En esta categoría se eligieron preguntas sobre conceptos que no se enseñaron de una manera tradicional (mediante las conferencias o leyendo la información de los discos) y que debieron ser aprendidos durante la resolución de Problemas del SM-RP.

Se aplicó al final un cuestionario de opinión al grupo para analizar la percepción de este acerca del modelo de aprendizaje por resolución de problemas y la herramienta interactiva aplicada (**anexo 13**).

Tabla 2 Condiciones experimentales.

GRUPOS	CONDICIONES	PRE TEST	CLASE TRADICIONAL	CONTENIDO INFORMATIVO EN DISCO COMPACTO	CONTENIDO BASADO EN RP	DISCUSION COOPERATIVA EN EQUIPOS	CLASE DE DISCUSIÓN COOPERATIVA	POST TEST
GRUPO A con SM-T + clase	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo de 8 estudiantes. - Clase teórica estándar de 1:30 hrs. - Interacción individual con el SM-T. 	✓	✓	✓				✓
GRUPO B con SM-RP + clase	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo de 18 estudiantes. - Clase teórica estándar de 1:30 hrs. - Interacción individual con el SM-RP. - Clase de discusión cooperativa como cierre. 	✓	✓	✓	✓		✓	✓
GRUPO C con SM-RP por equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo de 9 estudiantes. - Interacción por equipos con el SM-RP. 	✓		✓	✓	✓		✓



FALTA DE ORIGEN
TESIS CON

Figura 1. Esquema metodológico.

RESULTADOS

A) Impacto en el aprendizaje.

Como se mencionó en la metodología, las preguntas del test se dividieron en tres categorías (control, tradicional y RP) dependiendo del tipo de aprendizaje que evaluaban. En la **figura 2** se muestra el porcentaje de aprendizaje, desaprendizaje y no cambio para cada una de estas preguntas que se presentan agrupadas de acuerdo a las categorías mencionadas.

Se observa que el grupo A (panel superior) tuvo un pequeño porcentaje de aprendizaje en las tres categorías de preguntas, pero que en la mayoría fue igualado o superado por el porcentaje de desaprendizaje. En todo caso no existió una tendencia clara de aprendizaje por lo que la intervención que se hizo en el grupo A para enseñar fisiología respiratoria tuvo un impacto nulo en el aprendizaje de los alumnos.

En el grupo B (panel medio) se observa en la categoría control pequeños porcentajes de aprendizaje acompañados por pequeños porcentajes de desaprendizaje y una mayor proporción sin cambio, lo cual habla de un impacto nulo, lo cual es consistente con lo esperado ya que la categoría control contenía preguntas que evaluaban conceptos no vistos durante la intervención. En la categoría tradicional se observan preguntas con un mayor porcentaje de aprendizaje y en su mayoría un menor porcentaje de desaprendizaje excepto en la pregunta 18 cuya tendencia es negativa. Para decidir si hubo o no aprendizaje en esta categoría se hicieron análisis estadísticos que se mencionarán más adelante. La categoría de preguntas RP consiguió los porcentajes de aprendizaje más altos y sólo es en la pregunta 15 que se observa una pequeña tendencia al desaprendizaje. Sin embargo se puede proponer que esta categoría si tuvo un incremento en el aprendizaje de fisiología respiratoria en el grupo B.

En el grupo C (panel inferior) no se observa aprendizaje real en la categoría de preguntas control y tampoco una tendencia clara en la categoría de preguntas tradicional, sin embargo en la categoría de preguntas RP es muy evidente el gran porcentaje de aprendizaje, por lo que podemos inferir a primera vista que los alumnos que tuvieron acceso a resolver el SM-RP por equipos lograron un gran aprendizaje de los conceptos que fueron enseñados con base en resolución de problemas.

Al comparar los resultados en los tres grupos observamos que las preguntas control no presentaron evidencia de un aprendizaje; que las preguntas tradicional no detectaron aprendizaje en el grupo A y la tendencia en el grupo B y C no es tan clara a simple vista; y que la categoría RP tampoco representó aprendizaje en el grupo A, lo cual es lógico dado que este grupo no había tenido un enfoque de enseñanza por RP, y en el grupo B y C tienen una clara tendencia a tener mayores porcentajes de aprendizaje, sobre todo en el grupo C en donde casi todas las preguntas están cercanas al 50% de porcentaje de aprendizaje.

Sin cambio
 Desaprendizaje
 Aprendizaje

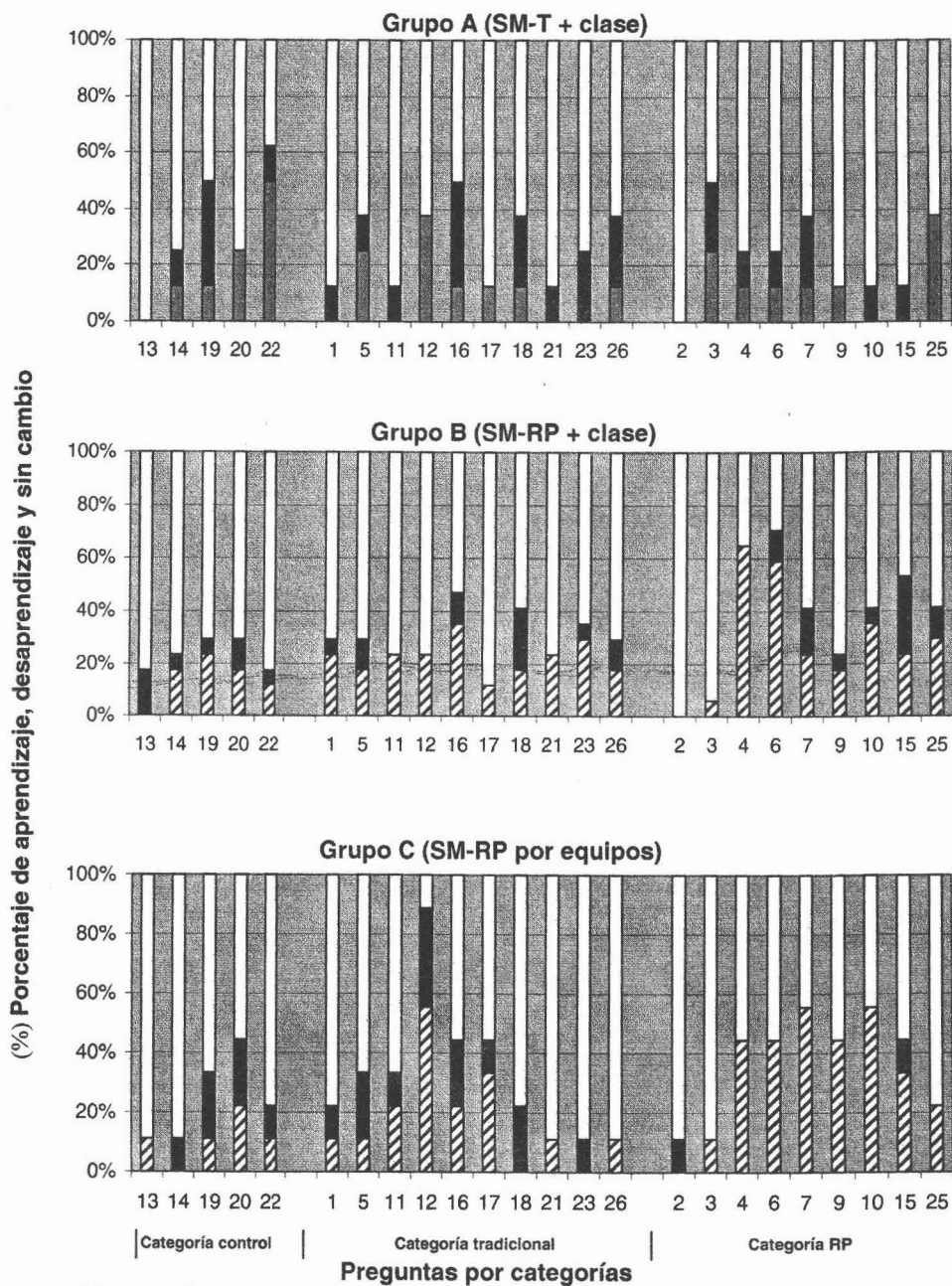


Figura 2 Porcentaje de aprendizaje y desaprendizaje de cada pregunta.

En cuanto a preguntas específicas, se detectó que las preguntas 8 y 24 generaban ambigüedad y posibilitaban la confusión entre dos posibles respuestas correctas, por lo que estas se eliminaron por completo del análisis. Fueron las únicas preguntas omitidas, sin embargo al observar la **figura 2** encontramos una tendencia de desaprendizaje en la pregunta 18 para los tres grupos, lo que nos dice que el tema de anatomía respiratoria de teleósteos no fue abordado eficientemente en ningún grupo. Finalmente la pregunta 2 no presenta cambios en ningún grupo ya que en la mayoría de los pre test estaba contestada correctamente e igualmente en los post test lo que indica que el nivel de dificultad era muy bajo o evaluaba conocimientos previos de los estudiantes.

Para hacer un análisis comparativo del impacto de las dos metodologías de enseñanza empleadas (tradicional y RP) en el aprendizaje de fisiología respiratoria, se agruparon los porcentajes de aciertos por categorías de preguntas (control, tradicional y RP). En la **figura 3** se observan los porcentajes de aciertos obtenidos en los pre test y los post test de cada categoría.

En el panel superior de la **figura 3**, que corresponde a los resultados del grupo A, se muestra en las barras blancas el porcentaje de aciertos del pre-test y en las barras negras el porcentaje de aciertos después de la intervención. En cada barra se graficó el error estándar lo que nos permite argumentar visualmente que en ninguna de las categorías se observó diferencia entre el porcentaje de aciertos previo y el posterior a la intervención. En los porcentajes de aciertos presentados en la **tabla 3** se observa que los resultados en el post son muy similares al pre test, llegando incluso a bajar en RP y tradicional, sin embargo al aplicar la prueba t de dos colas en las 3 categorías entre el pre y el post (control, tradicional, RP) no encontramos diferencia estadísticamente significativa.

En el grupo B (panel medio **figura 3**) encontramos una diferencia significativa entre el porcentaje de aciertos del pre-test y el post-test para las categorías RP y tradicional de preguntas. Al aplicar un estadístico t encontramos una $P < 0.001$ en la categoría RP y una $P < 0.01$ en la categoría tradicional (**tabla 3**). Por otro lado no encontramos diferencia estadística al hacer una prueba t ($P > 0.1$) entre el pre test y el post test en la categoría control, lo que indica que no hubo un efecto tras la intervención (**tabla 3**).

Cómo podemos observar en la **tabla 3**, el porcentaje de aciertos en la categoría RP de preguntas del grupo B fue el más alto: 70.92% comparado con el 59.44% encontrado en la categoría tradicional. Hay que notar que la diferencia entre la media de los porcentajes de aciertos del pre test con respecto al post test fue de 21.58% para la categoría RP y 13.88% para la categoría tradicional.

Lo anterior se puede apreciar gráficamente en la **figura 3** en donde se observa en las barras blancas el porcentaje de aciertos en el pre-test y en las barras negras el del post-test para cada categoría (control, RP y tradicional). Para apreciar mejor la diferencia estadística incluimos en cada barra el error estándar.

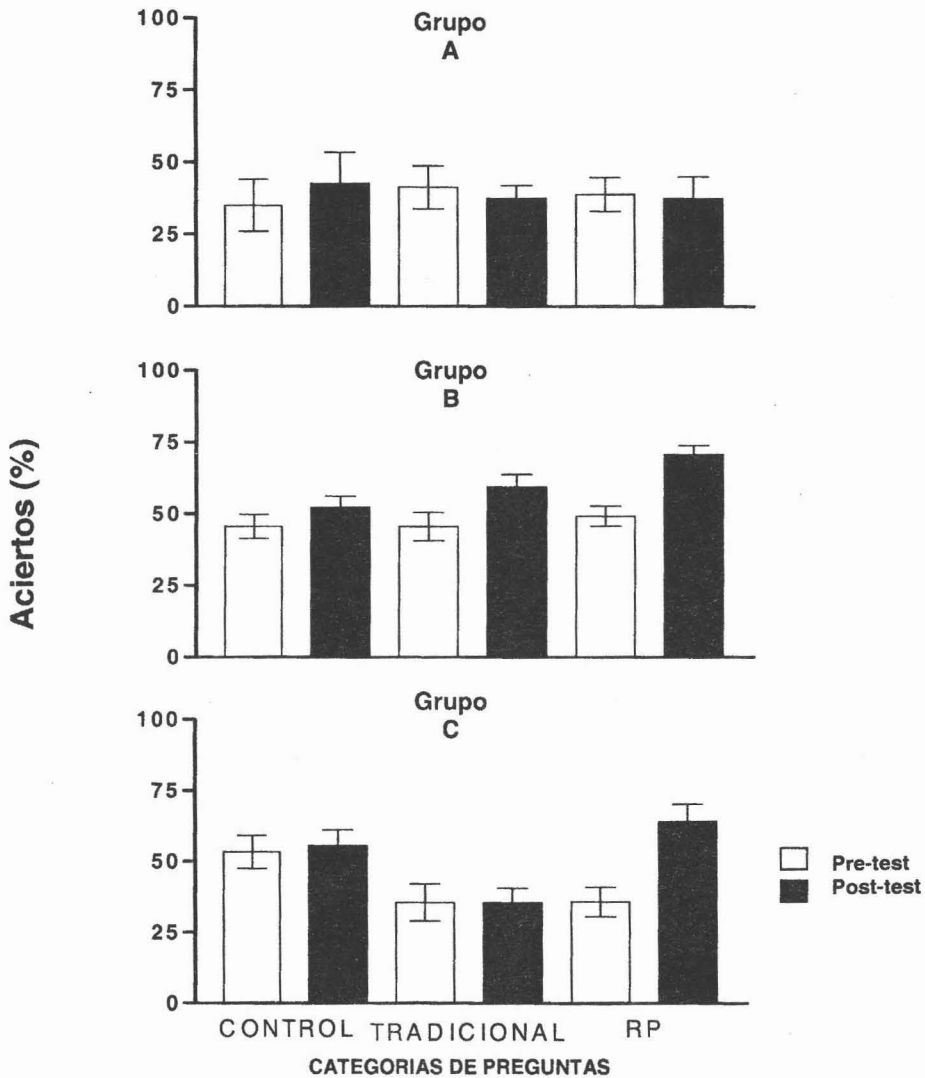


Figura 3. Porcentaje de aprendizaje por categorías de preguntas.

La figura muestra los porcentajes de aciertos en el pre test (barras blancas) comparados con el del post test (barras negras) en las tres categorías de preguntas que se evaluaron (Control, Resolución de Problemas, Tradicional). Se observa en cada barra el respectivo error estándar. En el panel superior, grupo A que (SM-T + clase), no se encontró diferencia estadísticamente significativa. En el panel medio, grupo B (SM-RP + clase) se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la categoría RP y en la de enseñanza tradicional, sin embargo en la categoría control no se encontró una diferencia estadística. En el panel inferior, grupo C (SM-RP por equipos) se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la categoría que evalúa RP, por el contrario las categorías tradicional y Control no presentaron diferencia estadística.

Tabla 3. Porcentaje de aciertos de las categorías de preguntas en cada grupo.

Grupo A (SM-T + clase)						
	Categoría de preguntas CONTROL		Categoría de preguntas RP		Categoría de preguntas TRADICIONAL	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
ACIERTOS (%)	35%	42.5%	38.88%	37.50%	41.25%	37.50%
Prueba de t pareada de dos colas	$P > 0.05$		$P > 0.05$		$P > 0.05$	
Grupo B (SM-RP + clase)						
	Categoría de preguntas CONTROL		Categoría de preguntas RP		Categoría de preguntas TRADICIONAL	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
ACIERTOS (%)	45.55%	52.22%	49.33%	70.92%	45.55%	59.44%
Prueba de t pareada de una cola	$P > 0.05$		$P < 0.005$		$P < 0.005$	
Grupo C (SM-RP por equipos)						
	Categoría de preguntas CONTROL		Categoría de preguntas RP		Categoría de preguntas TRADICIONAL	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
ACIERTOS (%)	53.33%	55.55%	35.80%	64.19%	37.03%	38.27%
Prueba de t pareada de una cola	$P > 0.05$		$P < 0.005$		$P > 0.05$	

Nota: En el caso del grupo A (SM-T + clase) los promedios bajaron relativamente tras la intervención en la categoría RP y tradicional. Dado que la diferencia observada va en la dirección opuesta de lo esperado, es necesario aplicar una t de dos colas para verificar si existe una diferencia estadística real. Antes de aplicar la prueba se cumplió con un test de normalidad.

En el grupo C solo se encontró una diferencia significativa ($P < 0.005$) al evaluar el porcentaje de aciertos de la categoría RP de preguntas. Tal como se observa en la **tabla 3**, el porcentaje de aciertos alcanzado con el tratamiento de RP fue de 64.19% con una diferencia entre pre y post de 28.39%.

No encontramos diferencia estadística entre el pre-test y el post-test en la categoría control y tampoco en la tradicional del grupo C ya que al hacer una prueba de t encontramos un valor de $P > 0.05$ en ambas (**tabla 3**).

En la **figura 3** (panel inferior) observamos en las barras blancas el porcentaje de aciertos en el pre-test y en las barras negras el del post-test. Al observar la categoría control del grupo C vemos que el error estándar marcado con una línea media con dos límites se traslapa entre el pre y el post lo que respalda los resultados estadísticos. En la categoría RP de preguntas se ve un avance del porcentaje de aciertos del post-test de casi el doble con respecto al pre-test. Finalmente la categoría tradicional del test muestra un porcentaje de aciertos exactamente igual antes y después de la intervención por lo que no existe diferencia entre estos resultados.

El porcentaje de aciertos más alto alcanzado después de la intervención fue de 70.92% obtenidos en el grupo B en la categoría RP de preguntas. Este fue seguido por el 64.19% del grupo C en la misma categoría. Los porcentajes del grupo A no se pueden comparar dado que no existió una diferencia significativa tras la intervención. El porcentaje de aciertos previo a la intervención en el grupo B (49.33%) también fue más alto con respecto al grupo C (35.8%). Para poder hacer una comparación entre estos resultados es necesario analizar la magnitud del impacto de la intervención, es decir la cantidad del cambio porcentual entre el pre y el post.

En la **figura 4** se incluyeron las tres categorías de preguntas para hacer un comparativo de la diferencia o el avance en porcentaje de aciertos que logró cada tipo de enseñanza. La categoría control aunque muestra un pequeño porcentaje de cambio, no es estadísticamente significativo (**tabla 3**) por lo que la gráfica es meramente ilustrativa. En lo que respecta a la categoría de preguntas que evalúa enseñanza por RP se graficaron las barras pertenecientes a los tres grupos, pero son únicamente el grupo B y el C los que tienen una diferencia estadísticamente significativa. Los resultados para el grupo B (barras negras) muestran que el avance fue del 21.58%. El grupo C (trama transversal) presenta un avance mayor que el grupo anterior (28.39%). Finalmente en la categoría tradicional de preguntas se observa como el grupo B tuvo un avance significativo del 13.88% a diferencia del grupo C el cual no presentó cambios.

PORCENTAJE DE AVANCE EN LA ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO

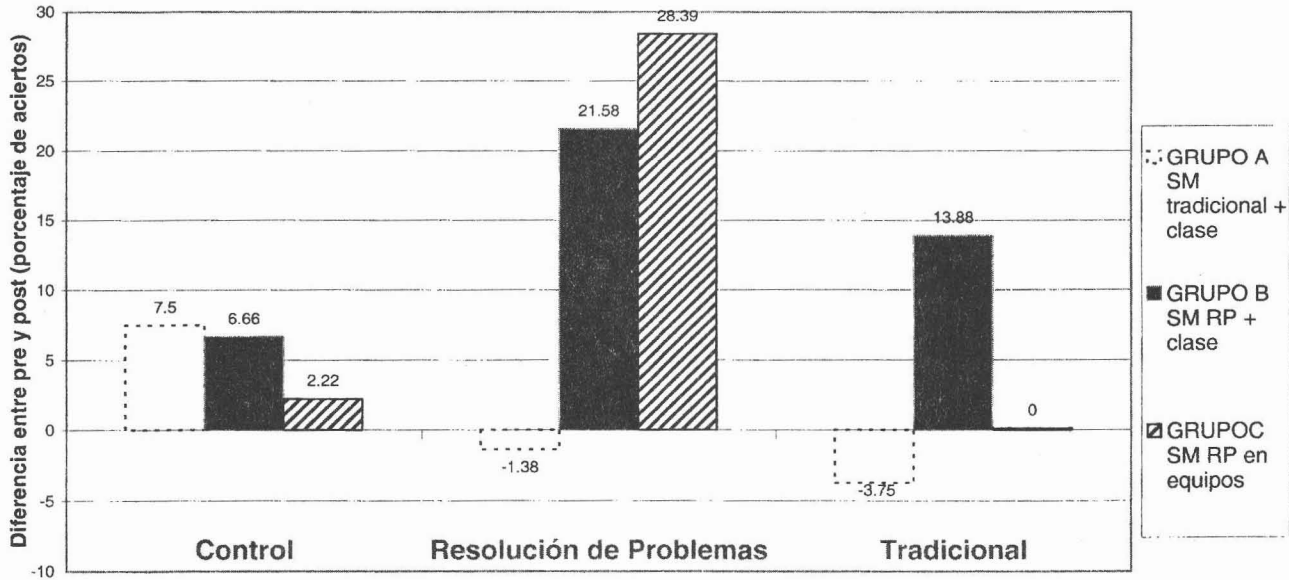


Figura 4 Porcentaje de avance en la adquisición de conocimientos.

Entre la media del pre y el post de cada categoría queda una diferencia, esa diferencia expresada como porcentaje de aciertos es comparada en las categorías de preguntas evaluadas (Control, Resolución de Problemas y Tradicional). En las barras se observa la codificación de trama que determina a cada grupo (blanco: grupo A (SM-T + clase); negro: grupo B (SM-RP + clase); trama transversal: grupo C (SM-RP en equipos)). El porcentaje de avance de todos los grupos en la categoría control no presentó diferencia estadística. Debe resaltarse que el grupo A tampoco presentó diferencia estadística entre el pre test y el pos test para ninguna de las categorías de preguntas.

B) Efecto de la intervención en la profundidad del aprendizaje (nivel de conocimiento).

La **figura 5** muestra el avance del aprendizaje para el nivel 1 de profundidad (conocimiento) de acuerdo a la taxonomía de Bloom. Las barras blancas representan el porcentaje de aciertos obtenidos en el pre-test y las barras negras marcan el porcentaje de aciertos obtenidos después de la intervención (post-test). Las barras incluyen la representación gráfica del error estándar para dar una idea gráfica de la demostración estadística. Para este análisis se incluyó exclusivamente las categorías que encontraron un avance significativo en la adquisición del conocimiento (ver **figura 4**) ya que esto significa que fue en estas categorías en donde la intervención tuvo un efecto. Las categorías son las siguientes: 1.Categoría tradicional (grupo B); 2.Categoría RP (grupo B); 3.Categoría RP (grupo C). La **figura 5** muestra un avance en el porcentaje de aciertos entre el pre y el post en las tres condiciones: Categoría tradicional del grupo B (**panel 5-a**), categoría RP del grupo B (**panel 5-b**) y categoría RP del grupo C (**panel 5-c**). El avance mayor se observa en las categorías RP de los grupos B y C (**páneos 5-b y 5-c**), en este último encontramos el mayor avance.

La **figura 6**, que corresponde al nivel 2 (Comprensión) de la taxonomía de Bloom, también muestra un avance en las tres condiciones: Categoría tradicional del grupo B (**panel 6-a**), categoría RP del grupo B (**panel 6-b**) y categoría RP del grupo C (**panel 6-c**).

En la **figura 7** que muestra el avance en el nivel 3 (aplicación) de la taxonomía de Bloom encontramos que no existió un avance en la categoría tradicional del grupo B (**panel 7-a**) y que en las categoría RP tanto del grupo B (**panel 7-b**) y el grupo C (**panel 7-c**) encontramos un gran avance.

En la **tabla 4²** se presentan no sólo la descripción numérica de los porcentajes de aciertos alcanzados tras la intervención sino la justificación estadística de si la intervención tuvo un impacto real en cada una de las categorías. Para hacer el análisis estadístico se utilizó una prueba de t. Para efectos de resumir los datos el cuadro sólo presenta el valor de P para que el lector tenga una rápida referencia.

Para el nivel 1 (conocimiento) de la escala de Bloom, encontramos que existe una diferencia en la media del porcentaje de aciertos entre el pre y el post de las tres condiciones que se presentan: categoría tradicional del grupo B, categoría RP del grupo B y categoría RP del grupo C. Para los tres casos la diferencia después de la intervención es estadísticamente significativa. Para el nivel 2 (comprensión) de la escala de Bloom, encontramos que existe una diferencia en la media del porcentaje de aciertos entre el pre y el post de las tres categorías y nuevamente para los tres casos la diferencia después de la intervención es estadísticamente significativa. Para el nivel 3 (aplicación) de la escala de Bloom, encontramos que existe una diferencia en la media del porcentaje de aciertos entre el pre y el post

² Se descartó el grupo "A" ya que no había tenido diferencias significativas entre el pre y el pos test

de las tres categorías, sin embargo la categoría tradicional del grupo B no presenta evidencia estadística de que el tratamiento haya tenido efecto ($P>0.1$). Por el contrario en las categorías RP del grupo B y C sí encontramos evidencia de efecto tras la intervención ($P<0.05$).

Al comparar las **figuras 5, 6 y 7** observamos que mientras la profundidad del conocimiento que se evalúa aumenta, los conocimientos enseñados tradicionalmente dejan de generar un cambio en el porcentaje de aciertos posteriores a la intervención y en cambio los conocimientos enseñados por RP sí logran un aumento significativo por lo menos hasta el nivel 3 (aplicación) de la escala de Bloom.

Al hacer un análisis de varianza de una vía (ANOVA) entre las tres categorías usadas para observar el alcance en el nivel de Bloom, no encontramos diferencias estadísticamente significativas en los resultados obtenidos en el nivel 1 (conocimiento) y en el nivel 2 (comprensión) ($P>0.05$). Sin embargo al aplicar esta misma prueba estadística en el nivel 3 encontramos que sí existe evidencia de que el efecto de la intervención fue diferente en las tres categorías ($P<0.05$).

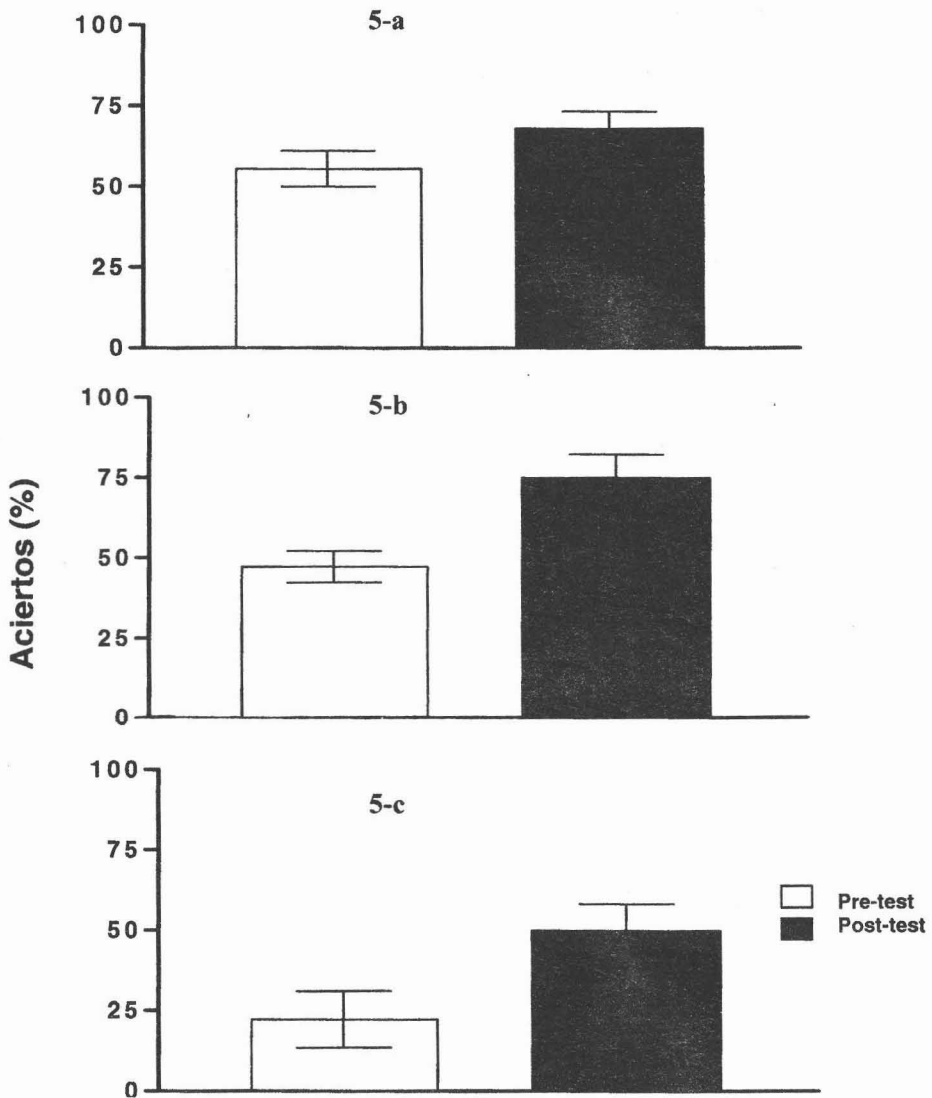


Figura 5 Efecto de la intervención en el nivel 1 (conocimiento).

La figura muestra el porcentaje de aciertos antes y después de la intervención. En el panel superior (5-a) se presenta los resultados de las preguntas que evaluaron aprendizaje tradicional en el grupo B en donde si hubo un impacto de la intervención $P < 0.05$. El panel medio (5-b) muestra los resultados de las preguntas que evaluaban aprendizaje por RP en el grupo B evidenciándose una gran diferencia entre el pre test y el pos test ($P < 0.05$). EL panel inferior (5-C) muestra la diferencia que hubo ($P < 0.05$) entre el pre test y el pos test de la categoría de preguntas que evaluaban aprendizaje por RP en el grupo C.

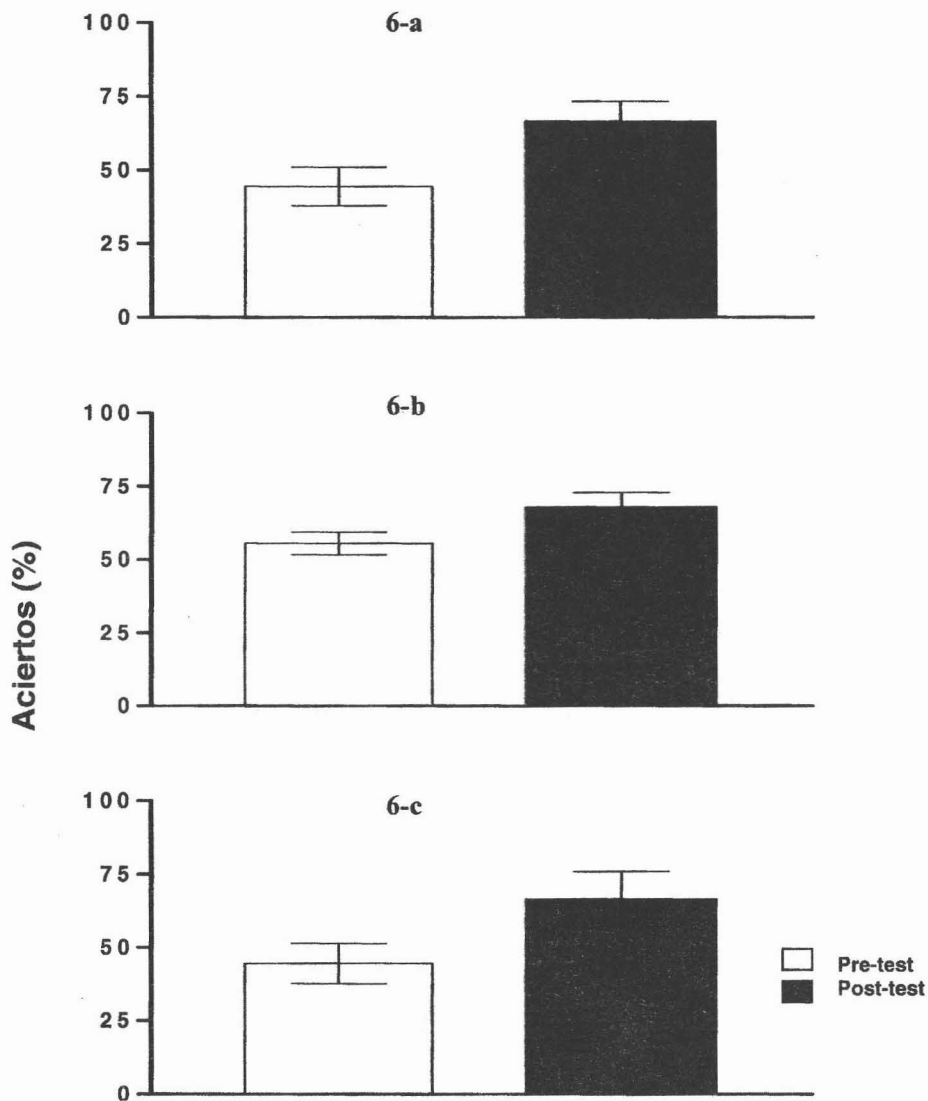


Figura 6 Efecto de la intervención en el nivel 2 (comprensión).

La figura muestra el porcentaje de aciertos antes y después de la intervención. En el panel superior (6-a) se presentan los resultados de las preguntas que evaluaron aprendizaje tradicional en el grupo B en donde sí hubo un impacto de la intervención $P < 0.05$. El panel medio (6-b) muestra los resultados de las preguntas que evaluaban aprendizaje por RP en el grupo B observándose diferencia entre el pre test y el pos test ($P < 0.05$). El panel inferior (6-c) muestra la diferencia que hubo ($P < 0.05$) entre el pre test y el pos test de la categoría de preguntas que evaluaban aprendizaje por RP en el grupo C.

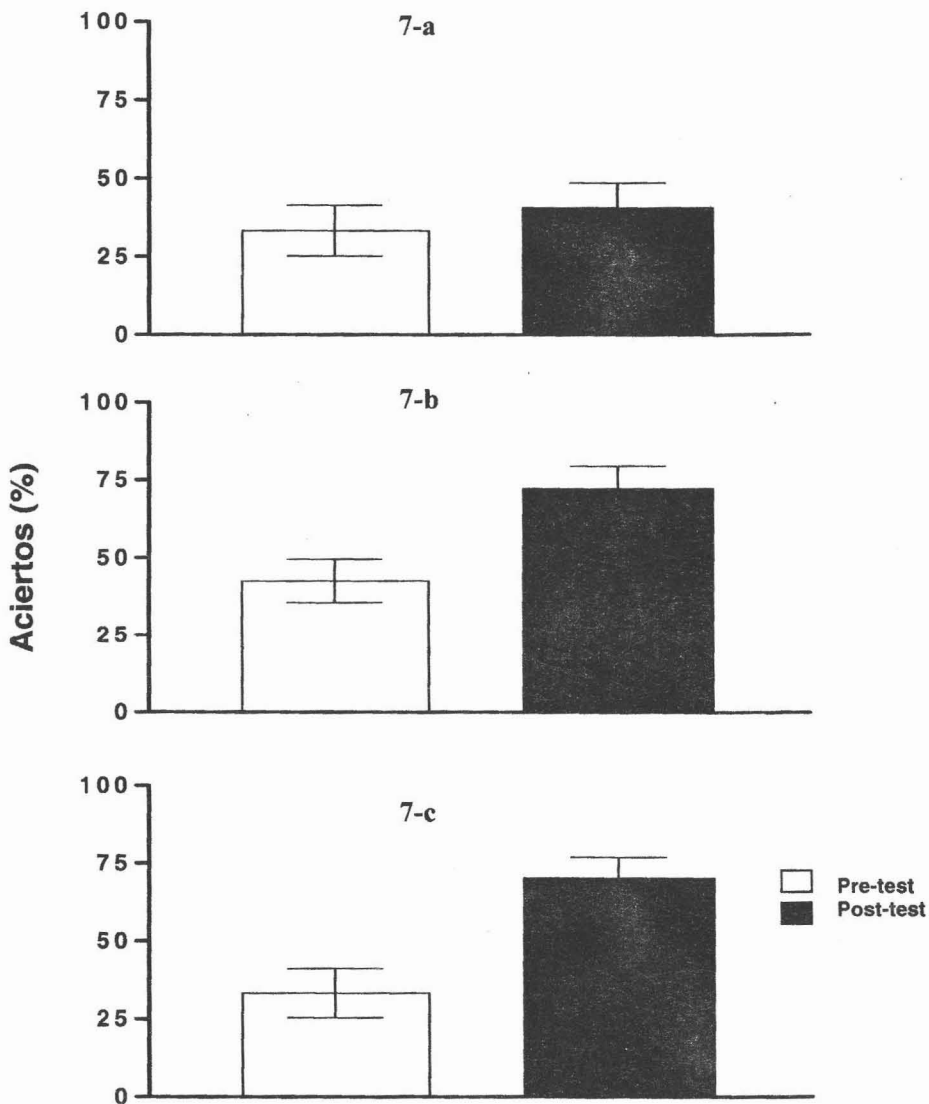


Figura 7 Efecto de la intervención en el nivel 3 (aplicación).

La figura muestra el porcentaje de aciertos antes y después de la intervención. En el panel superior (6-a) se presentan los resultados de las preguntas que evaluaron aprendizaje tradicional en el grupo B. El panel medio (6-b) muestra los resultados de las preguntas que evaluaron aprendizaje por RP en el grupo B. El panel inferior (6-C) muestra los resultados de las preguntas que evaluaron aprendizaje por RP en el grupo C. En este nivel de profundidad del aprendizaje se observa que la enseñanza tradicional ya no logra impacto y en cambio el uso de enseñanza RP si logra una diferencia significativa ($P < 0.05$).

Tabla 4. Alcance en las habilidades de pensamiento según niveles de la escala de Bloom.

Esta tabla muestra resultados de la categoría de preguntas tradicional y RP del grupo B (SM-RP + clase) y resultados de la categoría RP del grupo C (SM-RP por equipos). Los valores se expresan en porcentaje de aciertos. Se acompaña del resultado de la prueba t de una cola para identificar diferencias estadísticas. Previamente se hizo un test de normalización para cada condición.

NIVEL 1 CONOCIMIENTO

	Preguntas Tradicional Pre-test	Post-test		Preguntas RP Pre-test	Post-test	
Grupo B (SM-RP + clase)	Porcentaje de aciertos 55.55%	Porcentaje de aciertos 68.05%	P<0.05	Aciertos (%) 47.22%	Aciertos (%) 75.60%	P<0.05
Grupo C (SM-RP por equipos)	No procede	No procede		22.22%	50.00%	P<0.05

NIVEL 2 COMPRENSIÓN

	Preguntas Tradicional Pre-test	Post-test		Preguntas RP Pre-test	Post-test	
Grupo B (SM-RP + clase)	Porcentaje de aciertos 44.44%	Porcentaje de aciertos 66.66%	P<0.05	Aciertos (%) 55.55%	Aciertos (%) 68.05%	P<0.05
Grupo C (SM-RP por equipos)	No procede	No procede		44.44%	66.66%	P<0.05

NIVEL 3 APLICACIÓN

	Preguntas Tradicional Pre-test	Post-test		Preguntas RP Pre-test	Post-test	
Grupo B (SM-RP + clase)	Porcentaje de aciertos 33.33%	Porcentaje de aciertos 40.74%	P>0.05	Aciertos (%) 42.59%	Aciertos (%) 72.22%	P<0.05
Grupo C (SM-RP por equipos)	No procede	No procede		33.33%	70.36%	P<0.05

Nota: Al aplicar el test de normalidad para el pre test y el pos test de la categoría de preguntas RP del grupo B (SM RP + clase) encontramos que los datos no cumplían con una distribución Gaussiana. Para poder aplicar la prueba de t se normalizaron previamente.

C) Resultados del cuestionario de opinión.

Aunque el cuestionario de opinión nos da valores subjetivos, es un indicador del grado de motivación y la sensación de utilidad que encontraron los estudiantes en la aplicación del modelo pedagógico. En un rango de puntaje de acuerdo a una clasificación entre totalmente de acuerdo y totalmente en desacuerdo (**anexo 12³**) que iba del 1 al 5 , vemos que los resultados arrojaron (**tabla 5**) que en ambos grupos tuvieron una apreciación muy positiva sobre el SM basado en RP (pregunta 1); también consideraron que el modelo pedagógico basado en RP pudo potenciar sus habilidades de pensamiento (pregunta 2); igual importancia le fue dada a la discusión cooperativa (pregunta 3); y se sintieron motivados con el SM (pregunta 4); quizá el caso de la percepción en cuanto al aprovechamiento (pregunta 5) no fue tan contundente en el grupo C (RP por equipos) debido, probablemente, a las peticiones de mayor tiempo para explorarlo. En general en el grupo B (SM RP + clase) se alcanzó un puntaje de 22.41 equivalente al 89.64% de aceptación y en el grupo "C" un puntaje de 19.77 equivalente al 79.11%. Esto nos dice que los alumnos encontraron en la aplicación del modelo un significado real y tangible para el aprendizaje y la apreciación del SM como motivante, entretenido y capaz de reforzar habilidades de aprendizaje.

Cuando se les preguntó acerca de las habilidades cognitivas que se habían visto reforzadas con el SM basado en RP se reiteró la **observación** y el **análisis** que se refieren a la categoría 1 y 4 de la escala de Bloom.

También se les pidieron comentarios al respecto, los cuales en su totalidad perciben como una herramienta útil para aprender el tema.

³ Se eliminó de este comparativo la pregunta sobre la clase de discusión cooperativa para poder contrastar a los grupo B y C

Tabla 5. Cuestionario de Opinión

PREGUNTAS	GRUPO B SM RP + CLASE	GRUPO C SM RP POR EQUIPOS
Mi percepción sobre el CD Multimedia con Resolución de Problemas como modelo instruccional es:	4.11	4.82
Creo que Resolución de Problemas como modelo instruccional puede potenciar y estimular mis habilidades de pensamiento.	4.11	4.82
Creo que la discusión cooperativa (en el grupo SM RP + clase se refería a la clase de discusión en el aula) (en el grupo de SM RP por equipos se refería a la discusión entre equipos) me ayudó a aprender fisiología respiratoria de los animales desde un enfoque comparativo.	4.33	4.17
Creo que el CD Multimedia con Resolución de Problemas como modelo instruccional aumentó mi interés en aprender fisiología animal comparada:	3.77	4.11
Creo que el CD Multimedia con Resolución de Problemas como modelo instruccional mejoró mi aprovechamiento en fisiología animal comparada:	3.44	4.474
TOTAL	19.77	22.41

Nota: Los puntajes se presentan en una escala del 1 al 5 en donde la mejor apreciación es la 5.

Discusión

A) Impacto en el aprendizaje.

La existencia de las categorías de preguntas tradicional y RP nos permitieron saber el impacto de la intervención de cada método de enseñanza y compararlo intragrupalmente, siendo el test un instrumento que nos permitió controlar variables como número de estudiantes, condiciones experimentales, tiempo de la enseñanza, etc., dado que la comparación se hizo dentro del mismo grupo.

El contar con una categoría control dentro del test nos permitió evaluar la efectividad del mismo. El hecho de que no se encontrara diferencia significativa en esta categoría en ninguno de los tres grupos, refuerza esta posición. (**tabla 3**).

La comparación de los porcentajes de aprendizaje, desaprendizaje y no cambio nos da una visión específica del comportamiento de cada reactivo. De esta manera es posible inferir si este comportamiento es debido a la intervención o se debe a características específicas de la pregunta. Como podemos observar en la **figura 2**, el comportamiento de las preguntas control fue como lo esperábamos en los tres grupos.

A continuación se discuten los resultados encontrados en cada grupo:

Grupo A (SM-T+ clase)

En el grupo A (SM-T + clase) no encontramos el impacto que esperábamos en la categoría que evaluaba aprendizaje tradicional, lo que nos habla de un impacto nulo en el aprendizaje de estos conceptos producto de una planificación metodológica poco eficiente. Es decir, la reducción de las horas normales para este tema de 6 a 1:30, no fue equilibrada con el uso del SM tradicional y por lo tanto no se lograron enseñar los conceptos evaluados de fisiología respiratoria. Con excepción de la pregunta 12 y en menor medida la 17, el porcentaje de desaprendizaje fue mayor. Un comportamiento similar fue encontrado en la categoría RP lo cual era esperado ya que no se había empleado esta metodología de enseñanza en el grupo A. (**figura 2**).

Los porcentajes de aciertos presentados en la **tabla 4** muestran que los resultados en el post son muy similares al pre test, llegando incluso a bajar en RP y tradicional. Lo anterior fue respaldado al aplicar una prueba de t en las tres categorías la cual no arrojó evidencia de diferencias estadísticamente significativas. Lo mismo se observa en la **figura 3** en donde podríamos trazar una línea entre todas las categorías y en todas las condiciones, ya que las barras de error se traslapan en todos los casos.

Los resultados encontrados en el grupo "A" (**figura 3**) pudieron hacernos dudar sobre la efectividad de los test aplicados, ya que no encontrábamos ninguna diferencia en las categorías, sin embargo el comportamiento constante del control

en los tres grupos (**tabla 3**) y la medición efectiva de RP y tradicional en los grupos B y C (**figura 3**) nos permiten considerar que nuestro control funcionó bien y que los resultados obtenidos en la categoría RP y tradicional se deben a la intervención.

La intervención realizada en el grupo A fue totalmente tradicional, basada en memoria y aprendizaje a través de la clase-conferencia y en lecturas que se incluían en el SM-T. Hay que tomar en cuenta tres factores: 1) que la clase-conferencia fue limitada debido a nuestro modelo experimental en donde se recortó, de un tema que abarcaría 6 horas, a únicamente 1 hora y 30 min., esto con el objetivo de darle mayor peso al SM; 2) que la misma clase-conferencia se aplicó al grupo B (en donde si hubo cambios en la categoría tradicional) y 3) que fue impartida por el mismo maestro. Por lo anterior podemos considerar esta ausencia de impacto producto del factor SM-T, por una falta de interés en la revisión del multimedia probablemente al considerarlo aburrido y exclusivamente informativo lo que los orilló a dejar de revisarlo con la profundidad requerida. De acuerdo a la teoría de Edelman podríamos sugerir que la forma como se comunicaron estos conocimientos no tenía los requerimientos de valor necesarios para volverlos parte del conocimiento individual.

Grupo B (SM-RP + clase)

En el grupo B se tuvo la misma clase tradicional reducida de 6 a 1:30 horas, y sin embargo si se obtuvo un impacto en el aprendizaje, encontrando solo una pregunta (la 18) con un porcentaje de desaprendizaje mayor (**figura 2**). Esto nos puede sugerir que el contenido temático (tradicional) del SM-RP si fue revisado con más detenimiento que el SM-T debido probablemente a la motivación intrínseca que genera el aprendizaje por RP ya que para tener el entorno y los elementos necesarios para resolver problemas, se incita al estudiante a investigar sobre temas relacionados. La categoría de preguntas RP tuvo mayor porcentaje de aprendizaje que la categoría tradicional. Las preguntas de mayor alcance de aprendizaje fueron la 4 y la 6 cercanas al 60%; y superando el 20% la 7, la 10, la 15 y la 25.

En el grupo B encontramos los porcentajes de acierto más altos, después de la intervención (post test), en las categorías experimentales (RP y tradicional), comparándolos con el grupo A y C (**tabla 3**). Pero debemos notar que el grupo B también tuvo los porcentajes de aciertos más elevados, antes de la intervención (en los pre test) comparándolos con los otros grupos, esto puede indicarnos que se trataba de un grupo con un mayor manejo previo del tema, lo cual no afecta nuestra investigación ya que nuestro control para este grupo, funcionó y no encontramos cambios significativos en él (**figura 4**)

Los resultados mostrados en el **tabla 3** y en la **figura 3** proponen que los alumnos del grupo "B" obtuvieron un aumento significativo en la adquisición de conceptos tanto en los sub-temas que se trataron de una manera declarativa (tradicional) como en los que se utilizó problemas (RP). Esto quiere decir que la forma en que

se estructuró la enseñanza en este grupo tuvo éxito en enseñar fisiología respiratoria. Cabe preguntarse ¿cuáles fueron los factores experimentales que produjeron este éxito? Si revisamos el **tabla 2** de condiciones experimentales notamos que lo que lo diferencia del grupo A es que tuvo acceso a 1) contenido basado en RP en el multimedia y 2) una clase de discusión cooperativa. Por lo que estas dos circunstancias fueron las que lograron un cambio significativo, ¿pero cómo intervinieron? Podemos proponer que la adquisición de conceptos que obtuvieron de manera tradicional tanto en las lecturas del SM-RP como en la clase-conferencia, fue mayor en el grupo B ya que al ir resolviendo los problemas tuvieron que investigar y profundizar más en la sección informativa para aplicar esta información en la resolución del problema, lo que se refleja en la diferencia estadística (pre-post) encontrada en la evaluación de la enseñanza tradicional. (**figura 3 y tabla 3**). Podemos decir entonces, que la misma metodología RP generó que los alumnos revisaran más información aunque estuviera expuesta de forma tradicional. Esto concuerda con la concepción constructivista del aprendizaje en donde Pozo (1992) propone que la educación científica bajo esta concepción debe servir para integrar y hacer significativa toda la información dispersa.

Finalmente la enseñanza basada en RP reportó el mayor incremento en la adquisición de conocimiento al compararla con la categoría tradicional (**figura 3 y tabla 3**), esto coincide con nuestra hipótesis y es respaldado por la efectividad del modelo basado en RP en la enseñanza científica (Vernon y Blake 1993; Bridges y Hallinger, 1991; Allen, 1996; Korfiatis, 1999; Michael y Rovick, 1999). Sin embargo hay que tomar en cuenta que las condiciones experimentales de las referencias anteriores se basan en una intervención presencial y en este grupo en particular fueron mixtas (parte en multimedia RP y parte en discusión cooperativa grupal). Tomando en cuenta estos datos nos damos cuenta de que nuestra intervención RP logró un mayor incremento en el conocimiento de fisiología respiratoria que las otras categorías aunque la metodología fuera mixta y no presencial. Podemos sugerir que el modelo de enseñanza basado en RP puede aplicarse con éxito con mediación de computadoras.

Grupo C (SM-RP por equipos)

En el grupo C no se observa un impacto evidente en las categorías control y tradicional, sin embargo en la categoría RP es significativo el avance en el porcentaje de aciertos, incluso no se observa desaprendizaje excepto en la pregunta 2 y 15 (**figura 2**). Esto nos permite considerar que la enseñanza por RP mediada por computadora y abordada desde un punto de vista colaborativo al hacer la discusión por equipos, logró que los estudiantes del grupo C entendieran más claramente los conceptos y lograran un mayor porcentaje de aprendizaje.

Se observa en los resultados (**tabla 3 y figura 3**) que no existen diferencias en la categoría que evalúa enseñanza tradicional, consideramos que esto se debió a que este grupo no contó con una intervención de enseñanza tradicional mediante

clase-conferencia, sin embargo tampoco se notó la sinergia que proponíamos en el grupo B en donde el enfoque RP del multimedia propiciaría una búsqueda e integración de información adicional. Si observamos la **tabla 2** veremos que la diferencia del grupo C con respecto a los otros es que eliminamos por completo la intervención presencial y sustituimos la intervención de un facilitador para la discusión-cooperativa por el trabajo en equipos. Es posible que la interacción constante en equipos haya suplido la necesidad de investigar a fondo otros conceptos ya que los conocimientos previos de cada integrante del equipo iba complementando los conocimientos necesarios para resolver el problema y por lo tanto no fue necesario consultar información adicional. Según el constructivismo de Piaget, la interacción social introduce múltiples perspectivas a través de la reflexión, la colaboración, la negociación y los significados compartidos. Quizá sea por esto mismo que el grupo C consiguió el mayor incremento de conocimientos en la categoría RP al compararlo con los otros grupos (**figura 3**).

Retomando la discusión que hacíamos en el grupo B sobre las referencias de éxito al aplicar la metodología de manera presencial, podemos decir que nuestro experimento nos permite afirmar que es igualmente efectivo, para la enseñanza de fisiología respiratoria, traducir la metodología a una condición de mediación por computadora siempre y cuando la interacción sea colaborativa (por equipos). Resultados similares han creado el enfoque de que las computadoras y sus redes deben ser utilizadas para facilitar, aumentar y eventualmente redefinir la interacción social entre los miembros de un grupo de trabajo (Grief, 1988; Galegher, Kraut y Egido, 1990) y han culminado en aplicaciones para instrucción colaborativa como Koschman, et. al. (1990) en la Escuela de Medicina de la Universidad del Sur de Illinois.

Comparación entre grupos

Al observar la **tabla 3** y la **figura 3** encontramos que los grupos a los cuales se les aplicó la metodología basada en resolución de problemas en un SM obtuvieron un significativo aumento en su porcentaje de aciertos en la categoría de preguntas RP comparándolo con sus pruebas previas a la intervención. Así mismo podemos corroborar en la **tabla 3** que el grupo A que tuvo una enseñanza tradicional no mostró diferencias significativas entre el pre test y el post test en ninguna de sus categorías.

Sí en el grupo A se proporcionó un SM-T y no tuvo efecto en el aprendizaje y en el grupo B y C se proporcionó un SM RP y sí tuvo efecto, podemos proponer que fue la metodología de Resolución de Problemas aplicada al multimedia la que tuvo el impacto en el aprendizaje sobre fisiología respiratoria y no el uso de la tecnología multimedia per se, esto matizaría las aseveraciones que hace Korfiatis (1999) acerca de la efectividad del uso de las computadoras para la enseñanza de la biología, atreviéndonos a proponer que la multimedia es una excelente alternativa siempre y cuando esté basada en un buen modelo pedagógico.

La intervención experimental en el grupo B incluyó el uso del software educativo de forma individual y al final una clase de discusión cooperativa grupal; y en el grupo C se trabajó en equipos de tres personas sin el refuerzo de una clase de discusión grupal. Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los resultados de Koschmann et al., 1990 al usar la instrucción colaborativa basada en computadoras. Sin embargo hay que notar que la modalidad para aplicar la discusión colaborativa no fue mediante redes o foros como utiliza Koschmann en la Universidad de Illinois, si no que se optó una metodología de interacción humana directa cómo la clase de discusión cooperativa mediada por un facilitador en el grupo "B" o el trabajo en equipo en el grupo "C".

Sobre la metodología que aplicamos con el modelo pedagógico "RP", creemos que la fase de discusión cooperativa jugó un papel central en nuestros resultados. De acuerdo a Piaget "El conocimiento objetivo sólo es alcanzado cuando ha sido discutido y confirmado por otros." Así mismo teóricos educacionales desde Vygotsky (1925) hasta Leave y Wenger (1991) han remarcado la importancia de la interacción social para aprender. Las discusiones cooperativas grupales y en equipos, pueden haber proporcionado a los estudiantes la oportunidad de contrastar sus puntos de vista pre-existentes y buscar un modelo más integral para explicar determinado fenómeno. Como parte de la metodología de Resolución de Problemas, el trabajo cooperativo de los estudiantes en el grupo es la parte más productiva de su aprendizaje. La colaboración y el trabajo en equipo es una aptitud esencial que requerirán los futuros científicos. Durante este proceso, los estudiantes contrastan los valores propios (primarios y secundarios: Edelman, 1989) con el sistema de valores social y cultural (terciarios: Edelman, 1989) para generar un conocimiento individual.

La prueba indirecta de todo esto es que la discusión cooperativa como parte de todo el modelo de RP generó un cambio significativo entre el pre-test y el post-test de los grupos experimentales con RP. Sin embargo, dentro de estos dos grupos se observa una diferencia entre el porcentaje de aciertos logrados durante el aprendizaje con RP siendo mayor en el grupo C (**figura 3**). Esto pudo haber sido debido a que la discusión cooperativa en el grupo C fue permanente durante toda la intervención ya que se desarrolló por equipos y esto potenció los resultados del aprendizaje basado en RP.

B) Efecto de la intervención en la profundidad del aprendizaje (nivel de conocimiento).

Para identificar el nivel de habilidades cognoscitivas (de acuerdo a la taxonomía de Bloom) que habían alcanzado los alumnos, primero seleccionamos en qué categorías estábamos seguros de que la intervención había tenido un efecto.

No se encontraron diferencias en los porcentajes de aciertos tras la intervención en el grupo A (**figura 3**) por lo que el diseño metodológico para A no fue efectivo.

Los resultados obtenidos en el grupo A, en donde el tema de respiración fue enseñado de manera tradicional, meramente informativa, concuerda con estudios anteriores como el hecho por Bloom (1984) en donde se concluía que la enseñanza convencional era uno de los métodos menos efectivos. Incluso el uso de nuevas tecnologías por sí solo no logra incrementar la adquisición, comprensión y aplicación de conceptos, ya que el uso del SM-T que contenía toda la información necesaria del tema y planteaba una alternativa reforzadora no logró un cambio significativo en los alumnos después de la intervención.

Bajo estas condiciones, la mayoría de los estudiantes “están incapacitados para hacer las relaciones requeridas para entretrejer la información en un integral y coherente modelo mental” (Anderson, 1983). Esto explica porque los conceptos que se enseñaron con el método “pasivo-informativo”, tuvieron un impacto nulo.

El problema mayor a nivel profesional es que los futuros biólogos necesitan la adquisición de estas habilidades para resolver problemas, para analizar la información, para relacionar conceptos, es decir necesitan formarse como verdaderos científicos, y no solo como “conocedores” de información esto concuerda con lo planteado por Birch (1986).

Si nos remitimos a los resultados subjetivos en el test de opinión encontramos concordancia con las investigaciones de Vernon y Blake, (1993) donde han reportado que los estudiantes generalmente prefieren las clases basadas en resolución de problemas y demuestran un incremento en la atención y en la actitud con respecto a las clases tradicionales.

Los resultados obtenidos en el grupo A no implican que la metodología tradicional sea inefectiva si no que la forma cómo la aplicamos en nuestro modelo experimental (**tabla 2**), no fue la más adecuada ya que reducimos al mínimo el espacio de clase y le dimos mayor peso al SM, este último factor fue el que no logró la enseñanza que se pretendía.

Las categorías que tuvieron un efecto tras la intervención fueron:

- Categoría Tradicional – grupo B
- Categoría RP – grupo B
- Categoría RP – grupo C

Se comparó el alcance de habilidades de acuerdo a la escala de Bloom, contrastando la enseñanza tradicional vs. la enseñanza por RP. Encontramos un porcentaje similar en cuanto a la efectividad de las dos metodologías cuando se analiza los niveles 1 y 2 de Bloom (ver **tabla 4** y **figuras 5** y **6**), sin embargo al analizar el nivel 3 la **figura 7** nos muestra una clara diferencia en cuanto a los porcentajes de aciertos de las dos metodologías, siendo la enseñanza por RP la que obtiene un mayor porcentaje de aciertos tanto en el grupo B (72.22% RP vs 40.74% tradicional) como en el C (70.36%) (**tabla 4**).

El test que evalúa la enseñanza RP está categorizado de acuerdo a la taxonomía de Bloom. De acuerdo a los resultados es evidente que la metodología RP aplicada en un SM es eficiente para lograr un incremento tanto en el aprendizaje como en la profundidad de este (**tabla 6**).

Esto nos permite proponer que la metodología de enseñanza tradicional que utilizamos (lectura-memorización con el apoyo de la parte enciclopédica del disco compacto) puede ayudar a los estudiantes a llegar al nivel de conocimiento y comprensión al igual que el método de RP (parte estructurada de problemas en el disco compacto), sin embargo es notorio en niveles de habilidades de pensamiento más avanzadas, el método de RP resultó ser más eficiente.

Los resultados anteriores concuerdan con investigaciones que han encontrado que el aprendizaje basado en RP permite un mejor aprovechamiento de los estudiantes, sobre todo en los niveles cognitivos elevados de la taxonomía de Bloom y en la ganancia en el nivel de aplicación (Chang, y Barufaldi, 1999) ya que ayuda a los estudiantes a asumir un papel activo en el proceso de aprendizaje.

Se ha remarcado también, que la simulación por computadora puede mejorar la habilidad relativa al análisis y aplicación de modelos biológicos (Dechsri y Heikkinen 1997, Escalada y Zollman 1997).

Los estudiantes de los grupos experimentales B y C tuvieron la oportunidad de buscar y revisar información, formular hipótesis, interpretar fenómenos, analizar datos, inferir resultados, sacar conclusiones y comunicar y comparar ideas. Nuestros resultados corresponden a la jerarquía de aprendizaje propuesta por Gagne 1965 que clasifica la resolución de problemas como un orden superior de aprendizaje que corresponde al nivel de aplicación descrito por Bloom (1965) y que es el nivel más alto que se midió en las evaluaciones.

CONCLUSIONES

El grupo A, cuya intervención fue tradicional tanto en clase como con el disco compacto al que tuvieron acceso, no tuvo un incremento en el aprendizaje de fisiología respiratoria. Esto significa que la metodología tradicional aplicada en un SM, no contribuye ni refuerza el aprendizaje sobre fisiología respiratoria. El haber tenido la información de forma digital y estructurada por ejes temáticos no fue suficiente motivación para revisar a profundidad los temas que se querían enseñar. Es decir, el uso de nuevas tecnologías por si mismo no es suficiente para generar o apoyar un proceso de aprendizaje, por lo menos en el área de fisiología animal comparada.

El grupo B, cuya intervención fue mixta ya que se tuvo una clase tradicional más el SM-RP y además una clase de discusión cooperativa al final, si logró generar un incremento en el aprendizaje de conceptos sobre fisiología respiratoria. Cuando se hizo la comparación entre conceptos enseñados con la metodología RP y

El test que evalúa la enseñanza RP está categorizado de acuerdo a la taxonomía de Bloom. De acuerdo a los resultados es evidente que la metodología RP aplicada en un SM es eficiente para lograr un incremento tanto en el aprendizaje como en la profundidad de este (**tabla 6**).

Esto nos permite proponer que la metodología de enseñanza tradicional que utilizamos (lectura-memorización con el apoyo de la parte enciclopédica del disco compacto) puede ayudar a los estudiantes a llegar al nivel de conocimiento y comprensión al igual que el método de RP (parte estructurada de problemas en el disco compacto), sin embargo es notorio en niveles de habilidades de pensamiento más avanzadas, el método de RP resultó ser más eficiente.

Los resultados anteriores concuerdan con investigaciones que han encontrado que el aprendizaje basado en RP permite un mejor aprovechamiento de los estudiantes, sobre todo en los niveles cognitivos elevados de la taxonomía de Bloom y en la ganancia en el nivel de aplicación (Chang, y Barufaldi, 1999) ya que ayuda a los estudiantes a asumir un papel activo en el proceso de aprendizaje.

Se ha remarcado también, que la simulación por computadora puede mejorar la habilidad relativa al análisis y aplicación de modelos biológicos (Dechsri y Heikkinen 1997, Escalada y Zollman 1997).

Los estudiantes de los grupos experimentales B y C tuvieron la oportunidad de buscar y revisar información, formular hipótesis, interpretar fenómenos, analizar datos, inferir resultados, sacar conclusiones y comunicar y comparar ideas. Nuestros resultados corresponden a la jerarquía de aprendizaje propuesta por Gagne 1965 que clasifica la resolución de problemas como un orden superior de aprendizaje que corresponde al nivel de aplicación descrito por Bloom (1965) y que es el nivel más alto que se midió en las evaluaciones.

CONCLUSIONES

El grupo A, cuya intervención fue tradicional tanto en clase como con el disco compacto al que tuvieron acceso, no tuvo un incremento en el aprendizaje de fisiología respiratoria. Esto significa que la metodología tradicional aplicada en un SM, no contribuye ni refuerza el aprendizaje sobre fisiología respiratoria. El haber tenido la información de forma digital y estructurada por ejes temáticos no fue suficiente motivación para revisar a profundidad los temas que se querían enseñar. Es decir, el uso de nuevas tecnologías por si mismo no es suficiente para generar o apoyar un proceso de aprendizaje, por lo menos en el área de fisiología animal comparada.

El grupo B, cuya intervención fue mixta ya que se tuvo una clase tradicional más el SM-RP y además una clase de discusión cooperativa al final, si logró generar un incremento en el aprendizaje de conceptos sobre fisiología respiratoria. Cuando se hizo la comparación entre conceptos enseñados con la metodología RP y

conceptos enseñados con la metodología tradicional, encontramos que en ambos casos existió un incremento. Esto quiere decir que la intervención mixta ayudó de forma recíproca a ambas metodologías para lograr un cambio en el conocimiento de alumnos sobre fisiología respiratoria. Debemos notar que la metodología experimental de enseñanza en este grupo es acorde al plan de estudios de la carrera de biología en donde existe una separación en dos formas de enseñanza con dos objetivos educativos complementarios, una busca el aprendizaje de los conocimientos básicos estructurales y la otra la formación científica, indagadora y experimental.

El incremento en la adquisición de conocimientos fue mayor en la categoría RP lo que nos indica que dentro del grupo B y sus características, los conocimientos que se enseñaron con la metodología basada en RP pudieron ser mejor aprendidos. Esto también nos permite concluir que la metodología RP aplicada en un SM tiene éxito en transmitir conocimientos sobre fisiología respiratoria, cuando está combinada en un modelo mixto. Dos condiciones propiciaron esto: por un lado el haber resuelto de manera individual el SM basado en RP permitió que para ir resolviendo sus dudas utilizaran la información de apoyo contenida (biblioteca y bioterio) lo cual les permitió profundizar en temas relacionados (pensamos que la misma necesidad de entender todo un entorno para resolver problemas estimula a los estudiantes a investigar y leer temas relacionados que aprenden de manera "tradicional"). Por el otro lado la clase de discusión cooperativa que se dio al final sirvió como refuerzo para el tema.

El grupo C cuya intervención fue exclusivamente basada en el SM-RP nos proporciona otros datos interesantes. Respaldamos que el modelo RP aplicado en un SM logra incrementar el aprendizaje de fisiología respiratoria, pero nos da una información adicional: el modelo RP aplicado en un SM es efectivo aún sin la intervención presencial (tradicional o no). Por otro lado la categoría que evaluaba enseñanza tradicional no sufrió impacto ¿por qué ocurrió esto si el SM-RP también contenía la parte informativa-tradicional? Creemos que las condiciones experimentales que tuvo el grupo C en donde se iba resolviendo el SM por equipos condujo a que los estudiantes no usaran la información de apoyo (biblioteca y bioterio) del SM ya que las dudas se resolvían con los conocimientos previos de los miembros del equipo y se ocupó poco tiempo en hacer una investigación que profundizara en los temas. Sin embargo el hecho de haber tenido una discusión cooperativa constante por equipos contribuyó a que el aprendizaje de los conceptos que se enseñaban por el modelo RP tuvieran un mayor incremento incluso que el grupo B.

En cuanto al alcance en el nivel de habilidades cognitivas se utilizaron, como ya lo hemos explicado en la discusión, las categorías que habían reportado cambios significativos: del grupo B (categoría tradicional y RP) y del grupo C (categoría RP). Aquí encontramos que las tres categorías analizadas fueron igualmente exitosas en lograr un incremento en el aprendizaje de conceptos que eran evaluados con preguntas categorizadas en el nivel 1 (conocimiento) y en el nivel 2 (comprensión) de la taxonomía de Bloom, ya que al realizar la prueba de

ANOVA no encontramos diferencias entre los resultados. Esto quiere decir que tanto el grupo B y el grupo C lograron niveles similares en la profundidad del conocimiento adquirido por RP y que dentro del grupo B la enseñanza tradicional fue igualmente exitosa para llevar hasta el nivel 2 de Bloom (comprensión) el conocimiento sobre fisiología respiratoria.

Sin embargo en el nivel 3 (aplicación) de Bloom, la enseñanza tradicional del grupo B ya no logró un incremento en las habilidades ya que las preguntas que evaluaban en el nivel 3 (aplicación) no aumentaron el porcentaje de aciertos en el post-test. En cambio la enseñanza basada en RP aplicada en un SM logró tanto en el grupo B como en el C que los conceptos enseñados pudieran ser manejados por los alumnos en el nivel de aplicación logrando una diferencia significativa con estos mismos conceptos antes de la intervención. Además al realizar una prueba de ANOVA para comparar los resultados de las tres categorías encontramos una gran diferencia entre las RP y la tradicional. Esto nos permite proponer que la enseñanza basada en RP y aplicada en un SM logra que el aprendizaje de fisiología respiratoria tenga una mayor profundidad (nivel de habilidad) que la enseñanza tradicional ya sea presencial o aplicada a un SM, por lo menos de acuerdo al modelo de tiempos y experimentación que utilizamos en esta investigación.

En síntesis:

- Los resultados de la investigación concluyen que la instrucción mediada por multimedia basada en un modelo de RP provoca progresos significativos en el aprendizaje de fisiología respiratoria animal comparada así como en el nivel de profundidad en alumnos de 5to. semestre de la carrera de biología.
- Los resultados de esta investigación coinciden con trabajos anteriores con estudios de aplicación de RP a nivel presencial (Chang y Barufaldi, 1999) y en cómputo (Michael y Rovick, 1997; Grief, 1988; Galegher, Kraut y Egido, 1990; Koschmann et al., 1990;). En todos estos estudios se demostraron efectos positivos del modelo de enseñanza basado en RP sobre todo en la enseñanza de las ciencias a nivel medio (Campanario y Moya, 1999; Allen, D. 1996; Michael y Rovick, 1999) y superior (Barrows y Tamblyn, 1980; Birch, 1986; Vernon y Blake 1993, Bridges y Hallinger, 1991; Korfiatis et al., 1999; Michael y Rovick, 1999).

Conclusiones sobre la aplicación del modelo pedagógico RP en un SM

Partiendo de las características principales de la metodología RP, y en base a los resultados obtenidos podemos hacer un análisis de en qué medida se cumplió el modelo pedagógico.

1.- Los estudiantes tienen la responsabilidad de su propio aprendizaje

La forma de presentar los problemas bajo la metodología RP propició un mayor interés por consultar y aplicar la información complementaria que existía en los SM.

“...El que el alumno pueda tener el control de su clase prácticamente en la computadora, genera curiosidad y elimina la presión que a veces ejerce el maestro, limitando un poco la libertad que podemos tener. Además de que es muy divertido.” (alumno).

2.- Se toman en cuenta las necesidades y los conocimientos previos de cada estudiante

Esta característica del modelo se observó claramente al identificar que el grupo C, cuya resolución de problemas era en equipos, sólo utilizó la información complementaria del SM-RP cuando era necesario ya que las dudas y los vacíos de información se llenaban con los conocimientos previos de los miembros del equipo.

“...además del contenido que fue bastante completo, el colocar un icono como la biblioteca apoya las actividades ya que si tienes dudas en los conceptos, puedes consultarlos...”(alumno).

3.- Se promueve un ambiente enriquecedor

Los resultados obtenidos en el cuestionario de opinión del grupo B y C (los que tuvieron metodología RP) arrojaron una excelente percepción del modelo RP, del SM-RP como herramienta, de la discusión cooperativa como coadyuvador del aprendizaje. Finalmente concordaron en que el proceso aumentó su interés en aprender fisiología y mejoró su aprovechamiento.

“Yo creo que es un buen método didáctico para desarrollar capacidades de aprendizaje y análisis con respecto a temas de fisiología animal” (alumno).

4.- La simulación de problemas debe ser acerca de situaciones reales y probables.

El planteamiento de los problemas se hizo en base a investigaciones reales, además, permitió llegar a conclusiones diversas en base a las investigaciones y experimentaciones particulares de cada alumno dentro del SM-RP.

“...permite el análisis de los problemas con base a experimentos realizados por nosotros mismos, esto da mayor interés y capacidad de análisis” (alumno).

5.- El aprendizaje debe ser integrativo

El haber resuelto de manera individual los problemas en el grupo B favoreció que los alumnos investigaran más sobre información complementaria que consideraron

útil (bioterio y biblioteca), con lo cual tuvieron un panorama general pudiendo aplicar e integrar la información para resolver los problemas.

“Es un buen mini-curso de aprendizaje ya que con la ayuda de los laboratorios y la información es más fácil que uno comprenda mejor las cosas...” (alumno),

6.- Se enfatiza el significado y no los hechos.

Fue claro que los grupos que tuvieron una enseñanza basada en RP tuvieron un aprendizaje mayor de conceptos relacionados al tema de fisiología respiratoria que el grupo con metodología tradicional. Para estos alumnos, la utilización de los conceptos tuvo significado y aplicación dentro de un contexto por lo que pudieron manejarlos mejor.

“Me pareció bastante didáctico y realmente eficiente en mi aprendizaje, además que le da un enfoque más amplio a la fisiología” (alumno).

7.- Resolución y discusión activa-cooperativa

El aprendizaje colaborativo se llevó a su máxima expresión en el grupo C, ya que incluía una permanente discusión cooperativa dentro de los equipos. En este grupo se tuvo el mayor porcentaje de aciertos en la categoría RP.

8.- Recapitulación y conclusión

La generación de instrumentos de recapitulación y conclusión, como las tablas predictivas, los mapas conceptuales y los diagramas de resolución de problemas, entre otros, permitieron que los alumnos integraran todas las partes de un problema en un modelo congruente, pudiendo aplicar las variables hacia nuevas situaciones. Al comparar los resultados de las preguntas en la categoría RP con las de la categoría Tradicional se observa una mayor profundidad en el conocimiento (según la escala de Bloom).

“...Utilizar los mapas mentales es muy bueno porque nos permite relacionar las ideas y no ver solo las definiciones como algo aislado.” (alumno).

9.- Utilización del aprendizaje en nuevos problemas

El que los alumnos llegaran a solucionar el último problema, significa que fueron capaces de aplicar los conocimientos adquiridos en los subproblemas previos a nuevas situaciones para resolverlas.

Como vemos, no fue tan sencilla la traducción del método RP a un SM, sin embargo se fueron cumpliendo cada una de las características del método. A

partir de esta experiencia podemos sugerir una metodología de enseñanza que integre:

- 1.- Clase teórica
- 2.- SM-RP resuelto por equipos
- 3.- Reforzamiento con clase presencial de discusión cooperativa

Acerca del desarrollo de multimedios basados en RP

El éxito del SM para la enseñanza de la fisiología respiratoria, se debe a que está basado en el modelo de RP. Los estudiantes que recibieron el tratamiento tuvieron la oportunidad de observar, hipotetizar, recordar, predecir, pensar, analizar y llegar a conclusiones de acuerdo al modelo de RP (Chang y Barufaldi 1999). Esto permitió que los estudiantes en las mismas condiciones después del tratamiento llegarán a una categoría de Bloom más elevada que aquellos conceptos que se les habían enseñado de forma tradicional. En este sentido hubo en el grupo B, diferencias significativas en los tres niveles evaluados (1 conocimiento, 2 comprensión, 3 aplicación) y en el grupo C ocurrió algo similar. El énfasis del modelo de RP en la aplicación, habilidades para resolver problemas y habilidades de pensamiento puede ser el factor que contribuye al incremento en el nivel de aprendizaje de acuerdo a la taxonomía de Bloom entre los grupos de biología.

Creo que los resultados positivos de la aplicación del SM-RP sientan las bases para el diseño de una metodología para el desarrollo de multimedios basados en Resolución de Problemas. Es un punto de partida en donde se tendrá que perfeccionar y profundizar por equipos interdisciplinarios que permitan ir desarrollando este tipo de apoyos a la docencia a nivel superior, que logren un mayor impacto en el desarrollo de las habilidades cognitivas y que si se logra hacer de forma extensiva permita un cambio con respecto a cómo los estudiantes se enfrentan a los problemas y relacionan todo su conocimiento previo con el entorno al que se enfrentan, investiguen y profundicen en la información que necesitan, se aventuren a generar hipótesis y a experimentar y generen modelos mentales claros que les den un entendimiento integral de los fenómenos. Si logramos esto estaremos formando futuros científicos con las habilidades necesarias para desenvolverse adecuadamente y con la posibilidad de generar nuevo conocimiento y tecnología que resuelva los problemas a los que se enfrenta un país en desarrollo como México.

Debe quedar muy claro que es necesario profundizar más en este tipo de investigaciones que puedan dar como resultado un complemento y nunca una sustitución de las metodologías actuales y los procesos de enseñanza (ej. la enseñanza experimental en laboratorios) que forma actualmente con éxito a los biólogos de la UNAM. La propuesta es diseñar nuevas alternativas que refuercen el proceso.

Acerca de la evaluación

Es importante que para futuros experimentos sobre enseñanza en multimedia se perfeccionen los mecanismos de evaluación para poder abarcar otros factores como IQ de los estudiantes, test de habilidades, etc y algunos otros métodos ya probados que enriquezcan nuestro análisis acerca del alcance de estas aplicaciones.

Hacia donde vamos

Los avances en neurociencia nos hacen conocer cada vez más nuestro cerebro, su fisiología y química entendiendo mejor como se realizan diferentes funciones, aprendizaje, comunicación, percepción, etc. Pero lo que está rompiendo todas las fronteras es el descubrimiento de nuevas técnicas cada vez más finas para monitorear al cerebro mientras realiza determinadas actividades concretas que permiten conocer que pasa a nivel neural, químico, eléctrico, metabólico, etc, mientras pensamos.

Las nuevas técnicas de imagen mental funcional y sus futuros avances permitirán hacer una cartografía funcional del cerebro en donde se puedan fundamentar las metodologías de enseñanza.

Sería muy interesante hacer investigación en México utilizando estas nuevas técnicas durante procesos de aprendizaje, que nos permita desarrollar productos educacionales cada vez más finos y afines a la manera natural y eficiente de cómo el cerebro asimila, valora y relaciona el conocimiento.

Creo que es muy interesante tratar de ligar cada vez más todas las disciplinas relacionadas al aprendizaje y formar equipos interdisciplinarios que desde distintos ángulos vayan entendiendo mejor el proceso de cómo aprendemos y desarrollen mejores tácticas para enseñar.

Es indispensable hacer uso de nuevas tecnologías viables para nuestra realidad, aplicaciones que faciliten el proceso de enseñanza y que no encuentren dificultades técnicas, materiales o incluso políticas para su aplicación. Creo que este tipo de propuestas son viables y en todo caso apoyan un proceso sin modificar ninguna estrategia estructural o sin necesitar tecnología no accesible para los estudiantes de la UNAM.

BIBLIOGRAFIA

1. Anderson, J.R., 1983. *The architecture of cognition*, Harvard University Press: Cambridge, Massachusset-EE.UU.
2. Banchero, N., Grover, R.F., (1972). Effect of different levels of simulated altitude on O₂ transport in llama and sheep. *Am. J. Physiol.* 222, 1239–1245.
3. Barrows H.S. & Tamblyn R.M, (1980). *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*. New York: Springer Publishing Company, p.1.
4. Barrows, H.S. and Tamblyn, R. , (1980). *Problem-Based Learning: An approach to Medical Education*. New York: Springer.
5. Birch, S. (1986). Towards a model for problem-based learning. *Studies in Higher Education*, 11(1), 73-82.
6. Bloom Benjamin S. and David R. Krathwohl. *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*, by a committee of college and university examiners. Handbook I: Cognitive Domain. New York, Longmans, Green, 1956
7. Bloom, B.S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*,13(6), 4-16.
8. Boggs, D.F. Frappell , P.B., Kilgore Jr. , D.L. (1998). Ventilatory, cardiovascular and metabolic responses to hypoxia and hypercapnia in the armadillo. *Respiration Physiology* 113 101–109
9. Bridges, E. M., & Hallinger, P. (1991). *Problem-based learning in medical and managerial education*. Paper presented for the Cognition and School Leadership Conference of the National Center for Educational Leadership and the Ontario Institute for Studies in Education, Nashville, TN.
10. Burnett, L.E., (1978). The effects of environmental oxygen levels on the respiratory function of hemocyanin in the crabs, *Libinia emarginata* and *Ocypride quadrata*. *J. Exp. Zool.* 210, 289–300.

11. Campanario, J y Moya, A., (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
12. Canfield, D.E., (1998). A new model for Proterozoic ocean chemistry. *Nature* 396, 450–453.
13. Carlson, N., (1999). *Fisiología de la Conducta*. Barcelona. Ariel. 836pp.
14. Chang, C. Et al., (1999). The use of a problem-solving-based instructional model in initiating change in students achievement and alternative frameworks. *INT. J. SCI. EDUC*, Vol. 21, No. 4, 373-388.
15. Chaui-Berlinck, J.G., Picudo, J.E., Monteiro, L.H. (2001) Short communication. The oxygen gain of diving insects. *Respiration Physiology* 128 229–233 [www.elsevier.com/locate/resphysiol]
16. Cilberti, N. Y Galagovsky, L., (1999). Las redes conceptuales como instrumento para evaluar el nivel de aprendizaje conceptual de los alumnos. Un ejemplo para el tema de dinámica. *Enseñanza De Las Ciencias*, 17(1), 17-29.
17. Cortés, W., (2003). Propuesta de un sistema de información del proceso de aprendizaje apoyado con recursos computacionales. *Revista Digital UMBRAL* 2000. No. 12.
18. Dejours, P.; Bolis, L.; Taylor, R.; Weibel, E. (1987). *Comparative Physiology: Life in Water and on Land*. Padova, Italy. LIVIANA. 556pp.
19. Donham, R.S., F.I. Schmiege, and D.E. Allen., (2001). The large and the small of it: A case study of introductory biology courses. Chapter in, *The Power of Problem-Based Learning: A Practical 'How To' for Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline*. B.J. Duch, S.E. Groh, and D.E. Allen, eds. Sterling, VA: Stylus Publications.
20. Edelman, Gerald M., (1992), *Bright Air, Brilliant Fire: On the Matter of the Mind*, Nueva York, Basic Books.
21. Edelman, Gerald M., (1999). "Complexity and Consciousness", en Zaragoza, *Cajal on Consciousness*. International Centennial Conference, Actas en prensa.
22. Edelman, Gerald M. (1989), *The Remembered Present: A Biological Theory of Consciousness*, Nueva York, Basic Books.

23. Fanjul. M.L., Hiriart. M., Fernández de Miguel. F., (1998). *Biología Funcional de los animales*. México SXXI. 571pp.
24. Farrelly, C., Greenaway, P., (1994). Gas exchange through the lungs and gills in air-breathing crabs. *J. Exp. Biol.* 187, 113–130.
25. Forgue, J., Burtin, B., Massabuau, J.-C., (1989). Maintenance of oxygen consumption in resting teleost *Silurus glanis* at various levels of oxygenation. *J. Exp. Biol.* 143, 305–319.
26. Forgue, J., Legeay, A., Massabuau, J.-C., (2001). Is the resting rate of oxygen consumption of locomotor muscles limited by the low blood oxygenation strategy in crustaceans? *J. Exp. Biol.* 204, 933–940.
27. Forgue, J., Truchot, J.-P., Massabuau, J.-C., (1992a). Low arterial PO₂ in resting crustaceans is independent of blood O₂ affinity. *J. Exp. Biol.* 170, 257–264.
28. Frappell P.B., Boggs D.F., Kilgore Jr. D.L. (1998) How stiff is the armadillo? A comparison with the allometrics of mammalian respiratory mechanics *Respiration Physiology* 113 111–122
29. Freund, J. & Walpole, R. 1980. *Mathematical Static's*. New Jersey. Prentice-Hall. 541pp.
30. Gagné, R.M., (1965). *The Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.
31. Galegher, J., Kraur, R., and Egidio, C., (1990). *Intellectual teamwork: Social and technological foundations of cooperative work*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
32. Gautier, H., Murariu, C., (2002). Metabolic and ventilatory responses to CO hypoxia at different levels of oxygenation in the rat. *Respiration Physiology.* 129, 307-315.
33. Ginsburg, H. y Opper, S., (1977). *Piaget y la Teoría del Desarrollo Intelectual*. Madrid. Ediciones del Castillo. 228pp.
34. Grief, I., (1988). *Computer supported cooperative work: A book of readings*, Los Altos, CA: Morgan Kaufman.

35. Kaufman D.M. & Holmes D.B., (1996). Tutoring in problem-based learning: Perceptions of teachers and students. *Medical Education* 30, 371-377.
36. Kaufman, D.M., (1995). Preparing faculty as tutors in problem-based learning. *Teaching Improvement Practices—Successful Strategies for Higher Education* (eds. W. A. Wright & Associates), 101-125. Bolton, MA: Anker Publishing Company, Inc.
37. Kaufman, D.M., (1998). PROBLEM-BASED-LEARNING: Using cases to teach about how to deal with ethical problems. *CNERH*, Vol. 8, No. 2. [<http://ncehr.medical.org/english/communique2/PBLearning.html>]
38. Kearsley, G., (1997). The Virtual Professor: A Personal Case Study. [<http://home.sprynet.com/~gkearsley/virtual.html>]
39. Korfiatis, K., Papatheodorou, E., Stamou, G.P., (1999). An investigation of the effectiveness of computer simulation programs as tutorial tools for teaching population ecology at university. *INT. J. SCI. EDUC.*, , vol. 21, No. 12, 1269-1280.
40. Kuschmann, et al., (1990). Designing communication protocols for a computer-mediated tutorial laboratory for problem based learning. *Proceedings of the 14th Annual Symposium on Computer Applications in Medical Care*, Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 464-468.
41. Larios, V., (1998). Constructivismo en tres patadas, México *Revista Gaceta COBAQ: Colegio de Bachilleres del Estado de Querétaro Año XV*, no. 132, marzo-abril, páginas 10-13.
42. Larios, V., (1998). Constructivismo en tres patadas. *Gaceta COBAQ, Año XV*, No. 132, 10-13.
43. Legeay, A., Massabuau, J.-C., (1999). Blood oxygen requirement in resting crab *Carcinus maenas* 24 hours after feeding. *Can. J. Zool.* 77, 784-794.
44. Lister, R., Weingartner, H. (1991). *Perspectives on cognitive neuroscience*. New York. Oxford University Press. 503pp.
45. Lopes, B.; Costa, N., (1996). Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: Fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 45-61.

46. Massabuau, J.-C., (2001). From low arterial- to low tissue-oxygenation strategy. An evolutionary theory. *Respiration Physiology*. 128, 249-261.
47. Massabuau, J.-C., Fogue, J., (1996). A field vs laboratory study of blood O₂ —status in normoxic crabs at different temperatures. *Can. J. Zool.* 74, 423–430.
48. McAllen, R., Taylor, A., (2001) The effect of salinity change on the oxygen consumption and swimming activity of the high-shore rockpool copepod *Tigriopus brevicornis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* Z . 263. 227–240 [www.elsevier.com/locate/jembe]
49. Medina, A., (1995). *La Dimensión Sociocultural de la Enseñanza*. México. ILCE. 130pp.
50. Mella, O., (2002). Modelos Docentes en los Establecimientos Educativos Chilenos. Una Aproximación a la Efectividad del Modelo Constructivista. *Revista Digital UMBRAL* 2000. No. 8.
51. Mendenhall, W., (1987). *Introducción a la Probabilidad y la Estadística*. México. Iberoamericana. 626pp.
52. Michael, J.A. y Rovick, A.A., (1999). *Problem Solving in Physiology*. Prentice Hall. New Jersey. 400pp.
53. Michael, J.A. y Rovick, A.A., *Computer-Based Exercises for Physiology* [en línea] Chicago (Illinois) ; Department of Molecular Biophysics & Physiology; Rush Medical College and Presbyterian-St. Luke's Medical Center, 1998- [ref. de 15 marzo 2005]. [http://www.physiologyeducation.org/materials/abase_etal.html]
54. Navarro, S.A. Y J. Llorente, B.J., (1994). Museos Y la Conservación de La Diversidad en: J.Llorente e I.Luna, V. (Compiladores) *taxonomía biológica* Ed. Científicas Universitarias: 229-257.
55. Nikinmaa, N., (2001). Haemoglobin function in vertebrates: evolutionary changes in cellular regulation in hypoxia. *Respiration Physiology*. 128, 317-329.
56. Pozo, J. I. y Carretero, M., (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas. ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, 38, 35-52.

57. Pozo, J., (1996). La Psicología Cognitiva y la Educación Científica. Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias. Vol.1, N:2, agosto de 1996. Instituto de Física, Universidad Federal de Río Grande, Porto Alegre, Brasil. [<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N2/pozo.htm>].
58. Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A., (1994). La solución de problemas en Ciencias de la Naturaleza en: J.I. Pozo (ed.) Solución de problemas. Madrid: Santillana/Aula XXI.
59. Pozo, J.I., (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje. Madrid: Morata.
60. Pozo, J.I., (1996). Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje. Madrid: Alianza.
61. Pozo, J.I.; Gómez Crespo, M.A.; Limón, M. y Sanz, A., (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia. Madrid: Servicio de Publicaciones del M.E.C..
62. Pozo, J.I.; Pérez Echeverría, M.P.; Sanz, A. y Limón, M., (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. Infancia y aprendizaje, 57, (3-22).
63. Randall, D.; Burggren, W.; French, K., (1997). Eckert Animal Physiology: mechanisms and adaptations., U.S.A., RRD., 728pp.
64. Regil. L., (2001). La Caverna Digital. Hipermedia: orígenes y características, México, UPN.
65. Regil. L., (2002). De la Idea a la Creación: Diseño y Producción de Software Educativo. México UPN. 77pp.
66. Remmers, J.E., Torgerson, C., Harris, M., Perry, S.F., Vasilakos, K., Wilson R.J., (2001) Evolution of central respiratory chemoreception: a new twist on an old story *Respiration Physiology* 129. 211–217 [www.elsevier.com/locate/resphysiol]
67. Rogers, C., (1964). El Proceso de Convertirse en Persona. México. Paidós. 356pp.
68. Savery, J. R., Duffy, T., (1994). Problem-based Learning: An Instructional Model and It's Constructivist Framework. *Educational Technology*, Sept-Oct, 1995, 31-38.

69. Schavarién, L., (1999). A biological basis for generative learning in technology-and-science Part II: Implications for technology-and-science education. *INT. J. SCI. EDUC.*, vol. 21, No. 12, 1223-1235.
70. Schavarién, L., (2000). A biological basis for generative learning in technology-and-science Part I: A theory of learning. *INT. J. SCI. EDUC.*, vol. 22, No. 1, 13-35,
71. Schavarién, L., (2000). Towards research based designing for understanding fundamental concepts: The case of the web delivered generative virtual classroom for teacher education. *Australian Journal of Educational Technology.*, 16(1), 1-12.
72. Schavarién, L., (2003). Re-conceiving "Intelligence" in Learning Management Systems: Tuning Learning to Theory. Faculty of Education, University of Technology, Sidney. 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education. [http://www.cs.usyd.edu.au/~aied/vol4/vol4_Schavarién.pdf.]
73. Seth, A.K., and Baars, B.J., (2004). (in press). Neural Darwinism and consciousness. *Consciousness and Cognition*. [[.pdf](#)] (preprint).
74. Tran, D., Boudou, A., Massabuau, J.-C., (2000). Mechanism of oxygen consumption maintenance under varying levels of oxygenation in the freshwater clam *Corbicula fluminea*. *Canad. J. Zool.* 78, 2027–2036.
75. Urbina, S. Informática y Teorías del aprendizaje. Universidad de las Baleares. [http://sepanmas.sepbcs.gob.mx/Cursos_Linea/Infor_Teorias.htm.]
76. Vernon, D. and Blake, R., (1993). Does problem-based learning work? A meta-analysis of evaluative research. *Academic Medicine*, 7, 550-563.
77. Vygotsky, L.S. ,(1995). *Pensamiento y Lenguaje*. Barcelona. Paidós. 237pp.
78. Walsh, J. P., Boggs, D. F., Kilgore, Jr., D. L. (1996) Ventilatory and metabolic responses of a bat to hypoxia and CO₂: implications for the allometry of respiratory control, *Phyllostomus discolor*, *J Comp Physiol B* 166: 351-358

ANEXOS

INDICE

ANEXO 1. COMPARACIÓN DE TEMARIOS	3
ANEXO 2. COMPARACIÓN DE OBJETIVOS	4
ANEXO 3. MAPAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	8
ANEXO 4. GUIÓN LITERARIO HIPERTEXTUAL.	17
ANEXO 5. GLOSARIO	28
ANEXO 6. MAPA DE NAVEGACIÓN.....	39
ANEXO 7. GUION TÉCNICO	40
ANEXO 8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES.....	44
ANEXO 9. TABLA DE TAREAS	58
ANEXO 10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVOS	63
ANEXO 11. TEST FINAL APLICADO.....	89
ANEXO 12. PREGUNTAS POR CATEGORÍAS	95
ANEXO 13. TEST DE OPINIÓ.....	96

1. COMPARACIÓN DE TEMARIOS

TEMARIO PLAN	TEMARIO LIBRO DE TEXTO	TEMARIO PROPUESTO
<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponibilidad de oxígeno 2. Superficies respiratorias e intercambio gaseoso 3. Pigmentos respiratorios y sus propiedades 4. Transporte de bióxido de carbono 5. Animales de respiración acuática. Ejemplos 6. Animales de respiración aérea 7. Cociente y tasa metabólica 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Factores que determinan la disponibilidad de oxígeno 2. Superficies respiratorias e intercambio gaseoso 3. Control de la ventilación en las diferentes estructuras respiratorias 4. Transporte de gases 5. Metabolismo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Síntesis general 2. Pigmentos respiratorios 3. Transporte del CO₂ 4. Regulación del pH 5. Superficies respiratorias e intercambio gaseoso 6. Metabolismo 7. Factores que determinan la disponibilidad de oxígeno
<p>ORDEN DE COMPLEJIDAD:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. General (ecológico) 2. Orgánico (comparado y ecológico) 3. Celular (comparado y ecológico) 4. Celular (comparado y ecológico) 5. Organísmico (comparado y ecológico) 6. Organísmico (comparado y ecológico) 7. Integrativo organísmico 	<p>ORDEN DE COMPLEJIDAD:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. General (ecológico) 2. Orgánico (comparado y ecológico) 3. Integrativo orgánico (comparado) 4. Celular (comparado y ecológico) 5. Integrativo organísmico 	<p>ORDEN DE COMPLEJIDAD:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. General (ecológico y comparado) 2. Celular (comparado y ecológico) 3. Celular (comparado y ecológico) 4. Celular (comparado y ecológico) 5. Orgánico (comparado y ecológico) 6. Organísmico (comparado y ecológico) 7. Integrativo (ecológico)

2. COMPARACIÓN DE OBJETIVOS

PLAN DE ESTUDIOS	PROPUESTA INICIAL COMPLETA	PROPUESTA ADAPTADA A LAS POSIBILIDADES DEL GUIÓN
<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>El alumno conocerá los distintos tipos de respiración presentes en los animales y su relación con el metabolismo.</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Que el alumno conozca los principios fisiológicos básicos (celulares, orgánicos y sistémicos) del intercambio gaseoso, transporte de O₂ y CO₂, regulación de pH y metabolismo y pueda compararlos entre los organismos de respiración aérea y acuática y entre los invertebrados y los vertebrados desde una perspectiva ecológica y evolutiva</p> <p>Síntesis general</p> <p><i>Objetivo General</i> <i>Dar un panorama integral sobre el proceso fisiológico de la respiración que le permita al alumno tener una visión global y entender conceptos, terminología e interacciones generales.</i></p> <p><i>Objetivo Particular</i> <i>Que el alumno identifique los componentes generales de los sistemas respiratorios, sus relaciones fisiológicas y con otros procesos como el metabolismo.</i></p> <p>Pigmentos respiratorios</p> <p><i>Objetivo General</i> <i>Que el alumno describa las características fisiológicas de los pigmentos respiratorios y la regulación de la afinidad de hemoglobina a O₂.</i></p> <p><i>Objetivos particulares</i> <i>Mencionará los compartimentos líquidos del cuerpo</i> <i>Describirá la fórmula química general de la Hb</i> <i>Explicará las diferencias entre Hb a lo largo de la escala filogenética</i> <i>Mencionará otros pigmentos respiratorios</i> <i>Comparará las diferencias fisiológicas de los pigmentos</i> Explicará el proceso de disociación <i>Explicará la ecuación de Hill</i> <i>Relacionará el papel de ligandos orgánicos con la afinidad del O₂</i> <i>Explicará el concepto de interacción homodéfica y heterodéfica</i> <i>Relacionará los cambios de PH y CO₂ con la afinidad y describirá su efecto sobre la curva de afinidad</i> <i>Mencionará las estrategias evolutivas de:</i> <i>Los camellos y su adaptación a la altura</i> <i>La rana y su adaptación a cambios en la PO₂</i> <i>El hombre y su aclimatación a diferentes alturas</i> <i>(nota: estos son ejemplos del resto; buscar otros...)</i></p> <p>Transporte del CO₂</p> <p><i>Objetivo General.</i> <i>Describirá los diferentes modelos de transporte y excreción de CO₂, así como los sistemas amortiguadores</i></p> <p><i>Objetivos Particulares</i> <i>Definirá coeficiente de solubilidad y señalará el papel de este coeficiente en el transporte de Co₂.</i></p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Que el alumno conozca los principios fisiológicos básicos (celulares, orgánicos y sistémicos) del intercambio gaseoso, transporte de O₂ y CO₂, regulación de pH y metabolismo y pueda compararlos entre los organismos de respiración aérea y acuática y entre los invertebrados y los vertebrados desde una perspectiva ecológica y evolutiva</p> <p>Síntesis general</p> <p><i>Objetivo General</i> <i>Dar un panorama integral sobre el proceso fisiológico de la respiración que le permita al alumno tener una visión global y entender conceptos, terminología e interacciones generales</i></p> <p><i>Objetivo Particular</i> <i>Que el alumno identifique los componentes generales de los sistemas respiratorios, sus relaciones fisiológicas y con otros procesos como el metabolismo</i></p> <p>Pigmentos respiratorios</p> <p>Objetivo General</p> <p>Que el alumno describa las características fisiológicas de los pigmentos respiratorios y la regulación de la afinidad de hemoglobina a O₂</p> <p>Objetivos Particulares</p> <p>Mencionará los compartimentos líquidos del cuerpo Describira la fórmula química general de la Hb Describirá las diferencias entre Hb a lo largo de la escala filogenética Mencionará otros pigmentos respiratorios Comparará las diferencias fisiológicas de los pigmentos Explicará la ecuación de Hill Mencionará factores que regulen la afinidad de la Hb por el O₂ Explicará el efecto de las variaciones generadas en la afinidad de los gases a nivel celular Mencionará estrategias evolutivas Explicará la aclimatación de los mamíferos a diferentes alturas</p> <p>Transporte del CO₂</p> <p>Objetivo General Describirá los diferentes modelos de transporte y excreción de CO₂, así como los sistemas amortiguadores</p> <p>Objetivos Particulares Mencionará el coeficiente de solubilidad y comparará el coeficiente de solubilidad de CO₂ con el de O₂</p>

2. COMPARACION DE OBJETIVOS

PLAN DE ESTUDIOS	PROPUESTA INICIAL COMPLETA	PROPUESTA ADAPTADA A LAS POSIBILIDADES DEL GUIÓN
	<p>Comparará el coeficiente de solubilidad de CO_2 con el de O_2</p> <p>Señalará los efectos de las presiones parciales en la disolución de CO_2</p> <p>Mencionará el mecanismo de difusión de CO_2 hacia el exterior</p> <p>Mencionará los sistemas de bicarbonato como transporte de CO_2</p> <p>Relacionará la proporción de bicarbonato en solución con el pH, la temperatura y la concentración iónica de la solución (sangre)</p> <p>Reconocerá las diferencias de transporte entre células sanguíneas y células epiteliales</p> <p>Comparará las diferencias en el transporte de CO_2 entre diferentes especies (ej. la capacidad de transporte de <i>Aplysia</i>, <i>Octopus</i> y <i>homo</i>)</p> <p>Mencionará los sistemas amortiguadores mediados por: cromoproteínas, hemocianina, carboanión/hemoglobina.</p> <p>Explicará el proceso amortiguador mediado por hemoglobina</p> <p>Explicará el efecto Haldane</p> <p>Explicará el papel de los quimiorreceptores centrales en la excreción del CO_2</p> <p>Explicará la transferencia de CO_2 en la sangre al combinarse con grupos amino NH_2</p> <p>Explicará la transferencia de CO_2 en la sangre al combinarse con OH^-</p> <p>Discutirá la influencia de las proteínas de banda III en el transporte de CO_2 en los glóbulos rojos</p> <p>Discutirá los cambios de pH relacionándolo con el transporte de CO_2</p> <p>Regulación del pH</p> <p>Objetivo General</p> <p>Describirá los procesos que provocan variación en el pH, cómo se regulan y que efectos tienen sobre el cuerpo</p> <p>Objetivos Particulares.</p> <p>Mencionará la relación de las pK de las reacciones de CO_2 - Bicarbonato y Ion amonio - amoniaco en el pH de la sangre de vertebrados</p> <p>Mencionará que los cambios en el pH alteran la disociación de ácidos débiles y por lo tanto la ionización de proteínas lo que resulta en un cambio en la presión osmótica</p> <p>Mencionará algunos ejemplos de la influencia del pH a nivel celular; activación de espermatozoides de equinodermos, estimulación de la glicólisis en el músculo de rana, acidosis de las células en hipoxia.</p> <p>Describirá la relación entre la producción y excreción de CO_2 y el pH</p> <p>Explicará cómo la ingestión de alimentos tiene un impacto en el pH</p> <p>Explicará la relación entre la ventilación y el pH</p> <p>Describirá cómo influyen los cambios de pH extracelular en el pH intracelular y su relación con la permeabilidad de la membrana</p> <p>Mencionará por lo menos tres diferentes mecanismos de regulación del pH intracelular: mecanismo mediado por proteínas de banda III de intercambio aniónico; asociación y disociación de NH_4Cl; bomba de protones</p> <p>Mencionará los factores que influyen en el pH</p>	<p>Señalará los efectos de las presiones parciales en la disolución de CO_2</p> <p>Mencionará el mecanismo de difusión de CO_2 hacia el exterior</p> <p>Mencionará los sistemas amortiguadores</p> <p>Mencionará el papel de los quimiorreceptores centrales en la excreción del CO_2</p> <p>Mencionará las diferencias del transporte de CO_2 en animales acuáticos y terrestres</p> <p>Enumerará las características del efecto Haldane</p> <p>Describirá la transformación de CO_2 en la sangre al combinarse con iones amino NH_2</p> <p>Discutirá cómo influye el tamaño y la temperatura en el transporte de CO_2</p> <p>Mencionará la transferencia de CO_2 en la sangre al combinarse con OH^-</p> <p>Discutirá la influencia de las proteínas de banda III en el transporte de CO_2 en los glóbulos rojos</p> <p>Regulación del pH</p> <p>Objetivo General</p> <p>Describirá los procesos que provocan variación en el pH, cómo se regulan y que efectos tienen sobre los organismos</p> <p>Objetivos Particulares</p> <p>Mencionará la relación de las pK de las reacciones de CO_2 - Bicarbonato y Ion amonio - amoniaco en el pH de la sangre de vertebrados</p> <p>Explicará cómo los cambios en el pH alteran la disociación de ácidos débiles y por lo tanto la ionización de proteínas lo que resulta en un cambio en la presión osmótica</p> <p>Describirá la relación entre la producción y excreción de CO_2 y el pH</p> <p>Explicará la relación entre la ventilación y el pH</p> <p>Describirá el efecto de cambios en las concentraciones de NH_4^+ y NH_4Cl sobre el pH intracelular y cómo que se relacionan con otros iones</p> <p>Mencionará los factores que influyen en el pH intracelular: amortiguación con fosfatos y proteínas, reacción de HCO_3^- con iones H^+, formando CO_2 que se difunde hacia fuera de la célula, difusión pasiva o transporte activo de H^+; Cambio de cationes (Na^+/H^+) o cambio de aniones ($\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$) en la membrana celular</p> <p>Explicará la influencia de la temperatura en la excreción y regulación del pH</p>

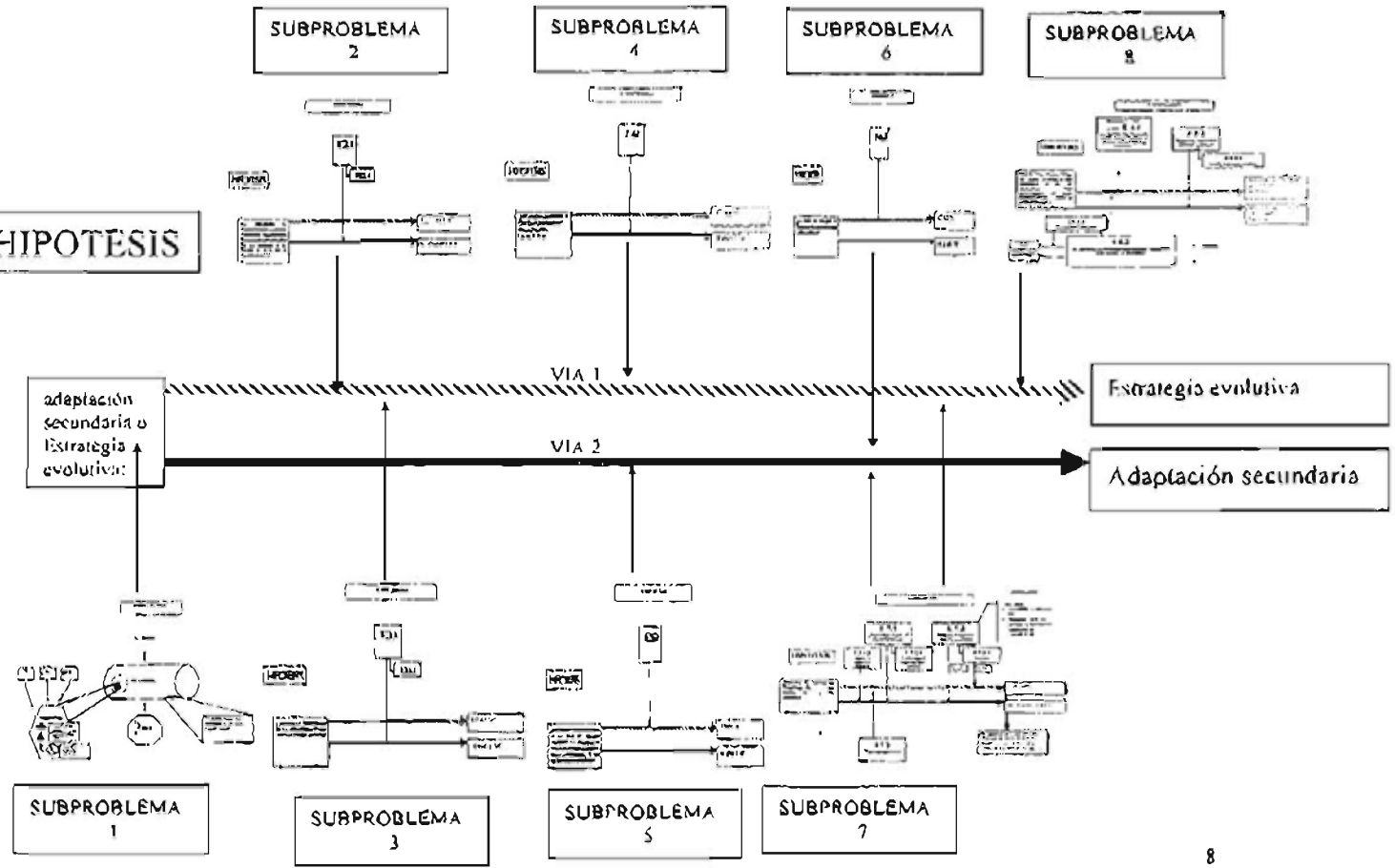
2. COMPARACION DE OBJETIVOS

PLAN DE ESTUDIOS	PROPUESTA INICIAL COMPLETA	PROPUESTA ADAPTADA A LAS POSIBILIDADES DEL GUIÓN
	<p><i>intracelular</i>, interrelación con fosfatos y proteínas, reacción de HCO₃⁻ con iones H⁺, formando CO₂ que se difunde hacia fuera de la célula; difusión pasiva o transporte activo de H⁺. Cambio de cationes (Na⁺/H⁺) o cambio de aniones (HCO₃⁻/Cl⁻) en la membrana celular. <i>Explicará la influencia de la temperatura en la excreción y regulación del pH.</i></p> <p>Comparará diferentes modelos de excreción de ácido en organismos terrestres, anfibios y acuáticos. Comparará y evaluará la relación entre el pH y la respiración.</p> <p>Analizará los procesos⁷⁷. En cuadros comparativos y mapas conceptuales.</p> <p>Superficies respiratorias e intercambio gaseoso</p> <p>Objetivo General: Describirá las leyes generales del intercambio gaseoso y explicará las diferentes tipos de respiración en animales vertebrados e invertebrados desde un punto de vista comparativo y evolutivo.</p> <p>Objetivos Particulares:</p> <p>Describirá la ley de Fick y analizará sus implicaciones para el proceso respiratorio en función de la forma y el tamaño del cuerpo.</p> <p>Describirá la respiración segmentaria por el sistema digestivo de Porifera, Cnidaria y Platyhelminthes. Explicará la implicación evolutiva y adaptativa del intercambio gaseoso segmentario en vertebrados acuáticos, anfibios y terrestres.</p> <p>Describirá la estructura y la fisiología de las branquias externas de equidermos y anélidos y las internas desde decápodos hasta teleosteos.</p> <p>Describirá en un nivel general la estructura y el funcionamiento de los pulmones de difusión y mencionará en que grupo se encuentran.</p> <p>Describirá la anatomía funcional del pulmón de mamíferos como culminación de tendencias evolutivas.</p> <p>Describirá la anatomía y función de los sistemas del pulmón de aves y explicará el intercambio gaseoso en las huevas.</p> <p>Comparará la efectividad fisiológica de las traqueas con otros sistemas respiratorios pulmonares.</p> <p>Describirá el sistema circulatorio pulmonar en mamíferos. Analizará las implicaciones de la presión circulatoria capilar y alveolar y la filtración de líquido en el pulmón.</p> <p>Comparará y contrastará el sistema de ventilación del pulmón de mamíferos y aves.</p> <p>Explicará el sistema marcapasos, la contracción muscular voluntaria, el control reflejo, el generador central del ritmo.</p> <p>Describirá los mecanismos de regulación de los sistemas nerviosos de la respiración incluyendo los reflejos mediados por mecanorreceptores y quimiorreceptores. Relacionará las tasas de pérdida de agua y temperatura durante la ventilación en organismos adaptados a diferentes ambientes.</p> <p>Describirá cómo se mueve y como se secreta el oxígeno en la vejiga natatoria de los peces teleosteos.</p>	<p>Comparará diferentes modelos de excreción de ácido en organismos terrestres, anfibios y acuáticos. Comparará y evaluará la relación entre el pH y la respiración.</p> <p>Superficies respiratorias e intercambio gaseoso</p> <p>Objetivo General Describirá las leyes generales del intercambio gaseoso y explicará los diferentes tipos de órganos respiratorios en animales vertebrados e invertebrados desde un punto de vista comparativo, evolutivo y ecológico.</p> <p>Objetivos Particulares</p> <p>Mencionará la ley de Fick y sus implicaciones para el proceso respiratorio en función de la forma y el tamaño del cuerpo.</p> <p>Mencionará la respiración segmentaria por el sistema digestivo de Porifera, Cnidaria y Platyhelminthes.</p> <p>Explicará la implicación evolutiva y adaptativa del intercambio gaseoso segmentario en vertebrados acuáticos, anfibios y terrestres.</p> <p>Mencionará la estructura y la fisiología de las branquias externas de equidermos y anélidos y las internas desde decápodos hasta teleosteos.</p> <p>Describirá el tipo primitivo de los pulmones.</p> <p>Describirá en un nivel general la estructura y el funcionamiento de los pulmones de difusión y de ventilación.</p> <p>Mencionará la diferencia entre el tipo de ventilación de los animales con respiración acuática y tipo de respiración aérea.</p> <p>Describirá la anatomía funcional del pulmón de mamíferos como culminación de tendencias evolutivas.</p> <p>Describirá la anatomía y función de los sistemas del pulmón de aves y explicará el intercambio gaseoso en las huevas.</p> <p>Comparará la efectividad fisiológica de las traqueas con otros sistemas respiratorios pulmonares.</p> <p>Mencionará los elementos fundamentales del sistema circulatorio pulmonar en mamíferos.</p> <p>Explicará la importancia del control respiratorio voluntario.</p> <p>Describirá cómo se mueve y como se secreta el oxígeno en la vejiga natatoria de los peces teleosteos.</p>

2. COMPARACION DE OBJETIVOS

PLAN DE ESTUDIOS	PROPUESTA INICIAL COMPLETA	PROPUESTA ADAPTADA A LAS POSIBILIDADES DEL GUIÓN
	<p>Metabolismo</p> <p><i>Objetivo General</i> Explicará la relación entre el alimento que ingieren los animales y el calor liberado tras los procesos de oxidación de las sustancias químicas</p> <p><i>Objetivos Particulares.</i> Definirá el cociente respiratorio Describirá la fórmula de oxidación de la glucosa Mencionará la tasa metabólica basal y la estándar Explicarán la relación entre la tasa metabólica y el volumen corporal entre vertebrados de diferentes especies Mencionará los factores ambientales que pueden modificar la tasa metabólica Mencionará los factores internos que pueden modificar la tasa metabólica (ritmos)</p> <p>Factores que determinan la disponibilidad de oxígeno</p> <p><i>Objetivo General</i> Describir y comparar las adaptaciones de los organismos al aporte de oxígeno del medio desde una perspectiva integrativa del tema de respiración, con un enfoque comparativo, evolutivo y ecológico</p> <p><i>Objetivos Particulares</i> Explicar la diferencia de presión parcial de oxígeno en ambientes aéreos con diferentes altitudes y en ambientes acuáticos Explicar la influencia de la temperatura y la presencia de sales con la solubilidad de O₂ en medios acuáticos Explicar la influencia de la temperatura en la velocidad de difusión Comparar cómo el medio acuático o aéreo implica diferentes exigencias fisiológicas para la obtención de O₂ Ejemplificar un caso de un animal oxiconformista Ejemplificar un caso de un animal regulador Comparar las ventajas evolutivas de ambas formas de adaptación Explicará las respuestas respiratorias a condiciones de hipoxia, incremento en los niveles de CO₂, buceo y ejercicio en vertebrados. Comparará las diferencias de adaptación al aporte de oxígeno del medio entre oxiconformistas y reguladores Comparará las adaptaciones a largo y acorto plazo así como su implicación evolutiva de los animales reguladores en condiciones de cambios de altitud, presión atmosférica, presión parcial, temperatura (solubilidad y velocidad de difusión)</p>	<p>Metabolismo</p> <p>Objetivo General Explicará la relación entre el alimento que ingieren los animales y el calor liberado tras los procesos de oxidación de las sustancias químicas</p> <p>Objetivos Particulares Definirá el cociente respiratorio Mencionará la tasa metabólica basal y la estándar Explicarán la relación entre la tasa metabólica y el volumen corporal entre vertebrados de diferentes especies Mencionará los factores ambientales que pueden modificar la tasa metabólica Mencionará los factores internos que pueden modificar la tasa metabólica (ritmos)</p> <p>Factores que determinan la disponibilidad de oxígeno</p> <p>Objetivo General Describir y comparar las adaptaciones de los organismos al aporte de oxígeno del medio desde una perspectiva integrativa del tema de respiración, con un enfoque comparativo, evolutivo y ecológico</p> <p>Objetivos Particulares Explicar la diferencia de presión parcial de oxígeno en ambientes aéreos con diferentes altitudes y en ambientes acuáticos Explicar la influencia de la temperatura y la presencia de sales con la solubilidad de O₂ en medios acuáticos Comparar cómo el medio acuático o aéreo implica diferentes exigencias fisiológicas para la obtención de O₂ Comparar cómo el medio acuático o aéreo implica diferentes exigencias fisiológicas para la obtención de O₂ Ejemplificar un caso de un animal oxiconformista Ejemplificar un caso de un animal regulador Comparar las ventajas evolutivas de ambas formas de adaptación Explicará las respuestas respiratorias a condiciones de hipoxia, incremento en los niveles de CO₂, buceo y ejercicio en vertebrados. Comparará las diferencias de adaptación al aporte de oxígeno del medio entre oxiconformistas y reguladores Comparará las adaptaciones a largo y acorto plazo así como su implicación evolutiva de los animales reguladores en condiciones de cambios de altitud, presión atmosférica, presión parcial, temperatura (solubilidad y velocidad de difusión)</p>

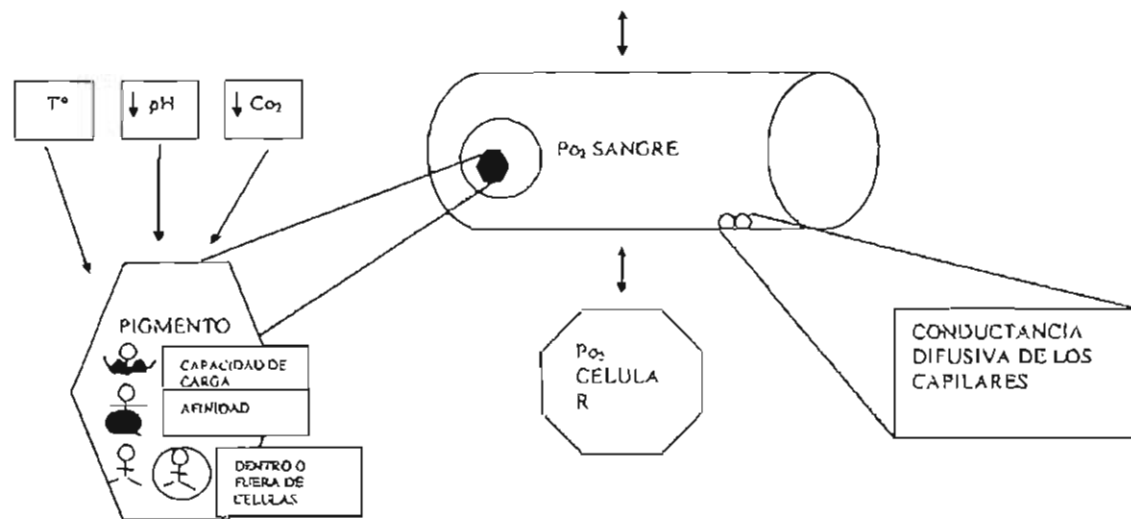
HIPOTESIS



SUBPROBLEMA I

DETERMINAR QUE FACTORES INFLUYEN EN LA P_{O_2} DE LA SANGRE

P_{O_2} MEDIO



SUBPROBLEMA 2

EFFECTO DEL NICHU ECOLÓGICO Y LA AFINIDAD DE LA SANGRE EN LA PO₂ DE LA SANGRE
EN CRUSTACEOS MOLUSCOS Y TELEOSTEOS

E 2.1

12.1.1

HIPOTESIS

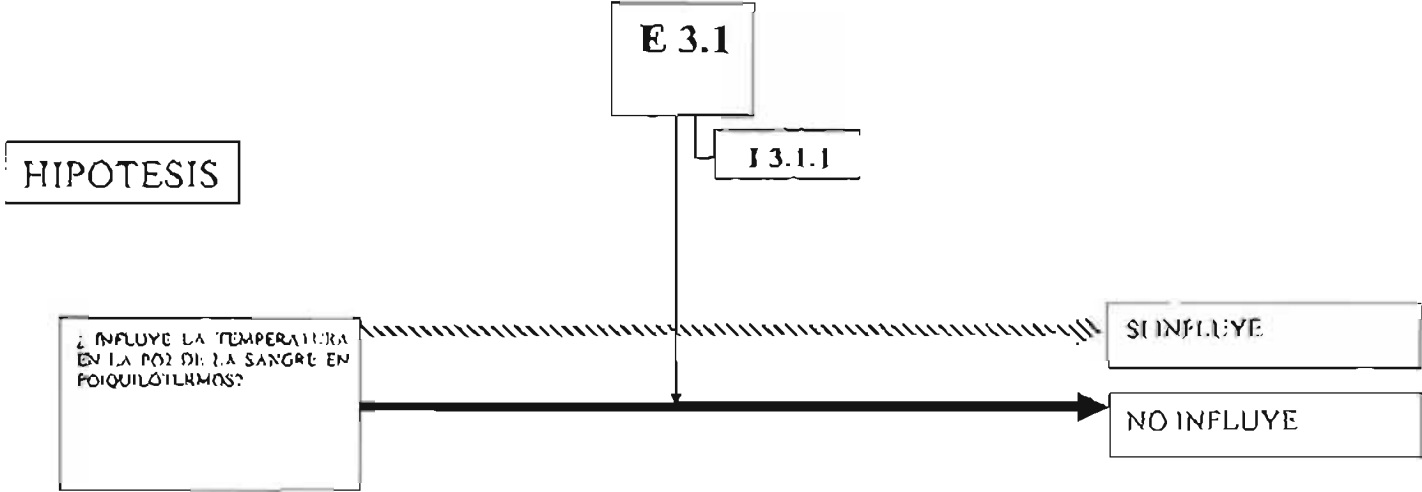
¿ LA PAO₂ EN CRUSTACEOS EN
CONDICIÓN DE NORMOXIA
DEPENDI DEL NICHU
ECOLÓGICO?

SI ES INFLUIDA

NO ES INFLUIDA

SUBPROBLEMA 3

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PO2 DE LA SANGRE EN POIQUILOTERMOS



SUBPROBLEMA 4

RELACION ENTRE CAMBIOS DE COMPORTAMIENTO Y LA PAO2 EN CRUSTACEOS

HIPOTESIS

I 4.1

¿EXISTE UNA RELACIÓN
ENTRE LOS CAMBIOS DE
COMPORTAMIENTO Y LA
PAO2 EN CRUSTACEOS?

SI EXISTE

NO EXISTE

SUBPROBLEMA 5

EFFECTO DEL ESTRÉS EN LA PO₂ EN SANGRE EN ORGANISMOS ACUÁTICOS

E 5.1

HIPOTESIS

¿LA PAO₂ EN ANIMALES ACUÁTICOS EN CONDICIÓN DE NORMOXIA SE ALTERA POR EL MANEJO EXPERIMENTAL Y LAS MEDICIONES EN LABORATORIO?

SI

NO

EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA EN LA P_{aO_2} EN HUMANOS

SUBPROBLEMA 6

E 6.1

HIPOTESIS

¿LA CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA INFLUYE EN LA P_{aO_2} EN HUMANOS?

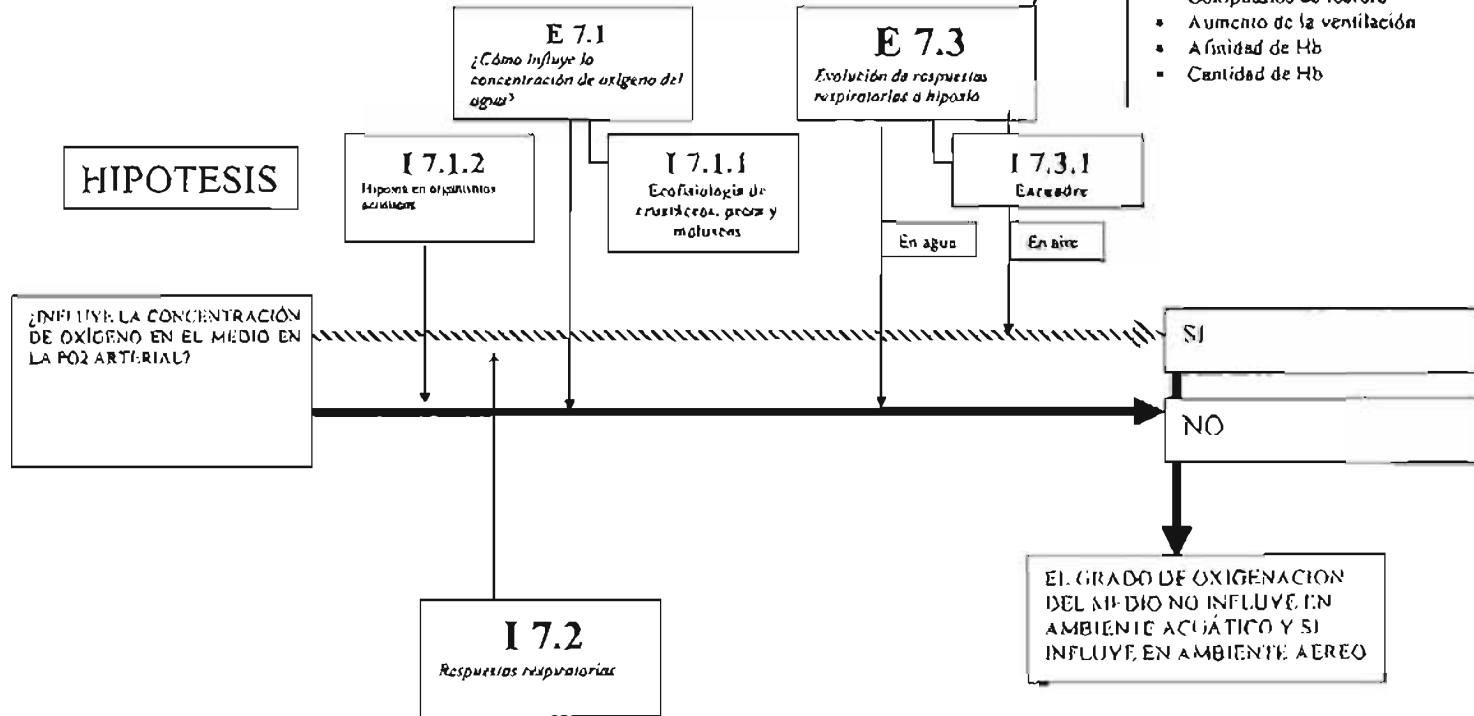
SI INFLUYE

NO INFLUYE

SUBPROBLEMA 7

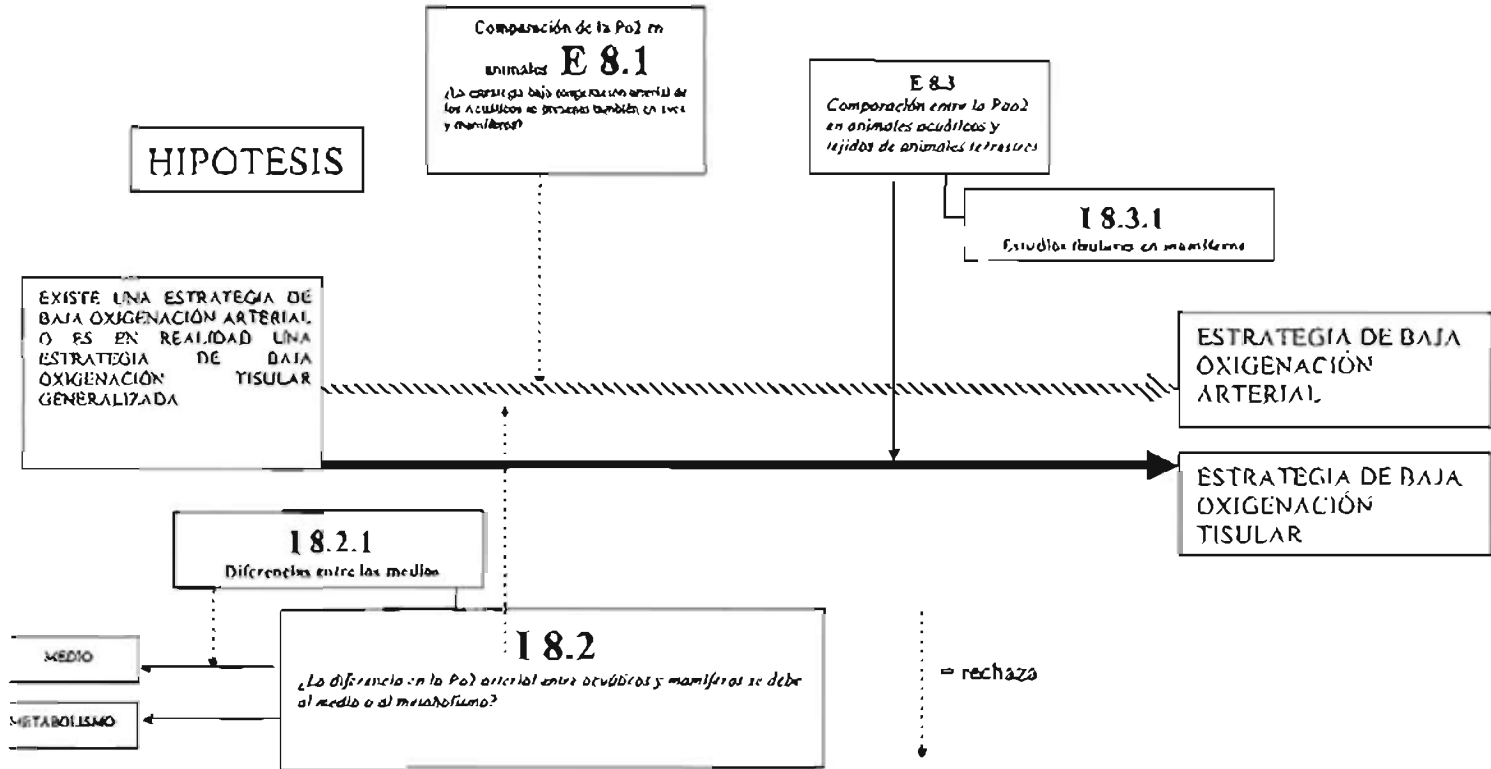
DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO Y RESPUESTAS RESPIRATORIAS

- Cómo influye:
- La cantidad de eritrocitos
 - PH
 - Compuestos de fósforo
 - Aumento de la ventilación
 - Afinidad de Hb
 - Cantidad de Hb



SUBPROBLEMA 8

DE LA ESTRATEGIA DE BAJA OXIGENACIÓN ARTERIAL A LA ESTRATEGIA DE BAJA OXIGENACIÓN TISULAR



4. GUION LITERARIO HIPERTEXTUAL

SINTESIS GENERAL

COMPLETA EL SIGUIENTE CUADRO PARA PODER ENMARCAR LAS VARIABLES NECESARIAS PARA INICIAR NUESTRA INVESTIGACION (LEYES DE LOS GASES)

CUADRO GENERAL INICIAL

ANIMAL	Tipo de ventilación	Pigmentos	Capacidad de carga	Tasa metabólica
MOLUSCO				
CRUSTACEOS				
ARTROPODOS				
OSTEICTIOS				
CONDRICTIOS				
REPTILES				
ANFIBIOS				
AVES				
MAMIFEROS				

Comentario:

Hemocianina
Hemoglobina
Cloroguna
Hemertrina

Comentario:

Traqueal
Pulmonar
Branquial
Piel

Para sacar la información de este cuadro, revisa la información de tipo de ventilación, pigmentos y tasa metabólica. Esta última columna contéstala en términos cualitativos, usando alta, medio o baja según lo consideres cualitativamente.

SUPERFICIES RESPIRATORIAS E INTERCAMBIO GASEOSO

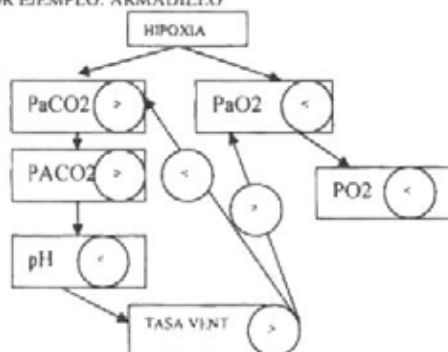
YA QUE CONOCES SUS PARÁMETROS BÁSICOS, VAMOS A EXPONER A TUS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN A DIFERENTES PRUEBAS...

HAZ TUS HIPÓTESIS ACERCA DE QUE PASARÁ CON LOS DIFERENTES PARÁMETROS AL SOMETERLOS A CONDICIONES DE :

Hipoxia _____
 Hipercapnia _____
 Aumento °C _____
 Disminuye °C _____
 Aumento sales _____
 Disminuye sales _____

DECIDE SI LOS VALORES DIMINUYEN (<); AUMENTAN (>) O SE MANTIENEN SIN CAMBIO (=)

CUANDO TERMINES DE LLENAR EL CUADRO CON LAS PREDICCIONES, REALIZA UN MAPA CONCEPTUAL PARA CADA ORGANISMO EN DONDE INDIQUE LAS CONSECUENCIAS EN LAS VARIABLES RESPIRATORIAS AL SOMETERLOS A DIFERENTES CAMBIOS AMBIENTALES Y LA INTERRELACIÓN EN LAS VARIABLES. POR EJEMPLO: ARMADILLO



CUADRO DE VALORES DE ORGANISMOS SOMETIDOS A DIFERENTES CONDICIONES

ANIMAL	TASA VENTILATORIA	pH	Temperatura Corporal	Pres	PA cor	PA aq	PA rec
MOLUSCO							
CRUSTACEOS							
ARTROPODOS							
OSTRACIOS							
CONDRICTIOS							
REPTILES							
ANFIBIOS							
AVES	Hipoxia _____	Hipoxia _____	Hipoxia _____	Hipoxia _____	Hipoxia _____	Hipoxia _____	Hipoxia _____
	Hipercapnia _____	Hipercapnia _____	Hipercapnia _____	Hipercapnia _____	Hipercapnia _____	Hipercapnia _____	Hipercapnia _____
	Aumento °C _____	Aumento °C _____	Aumento °C _____	Aumento °C _____	Aumento °C _____	Aumento °C _____	Aumento °C _____
	Disminuye °C _____	Disminuye °C _____	Disminuye °C _____	Disminuye °C _____	Disminuye °C _____	Disminuye °C _____	Disminuye °C _____
	Aumento sales _____	Aumento sales _____	Aumento sales _____	Aumento sales _____	Aumento sales _____	Aumento sales _____	Aumento sales _____
	Disminuye sales _____	Disminuye sales _____	Disminuye sales _____	Disminuye sales _____	Disminuye sales _____	Disminuye sales _____	Disminuye sales _____

PARA OBTENER LOS RESULTADOS EL ALUMNO DEBERÁ RECURRIR AL SIMULADOR

4. GUIÓN LITERARIO HIPERTEXTUAL

PROBLEMA

INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista respiratorio, podemos empezar a tener un acercamiento profundo a partir de la atmósfera primitiva en donde la vida aeróbica empezó a evolucionar en la tierra. Nuestro planeta tiene unos 4600 millones de años. La evidencia sugiere que la presión parcial del oxígeno, P_{O_2} , en la atmósfera Proterozoica se incrementó de $\approx 0,2$ a ≈ 3 kPa hace entre 2200 y 1900 millones de años (Holland, 1994; Canfield, 1998). Los datos disponibles, también sugieren que la presión parcial de CO_2 , P_{CO_2} , fue de ≤ 1 kPa en este tiempo (Holland, 1994). Este tiempo es consistente con la hipótesis de que los fósiles más antiguos, que fueron cianobacterias datadas de hace 3500 millones de años (Rosing, 1999), fueron probablemente los productores dominantes de O_2 durante el principio del proceso de la vida. Los eucariontes autótrofos, son aerobios obligados, cuyo tiempo de origen no se conoce con exactitud, sin embargo fósiles traza indican que existieron hace 2100 millones de años (Han y Runnegar, 1992). Estos datos son para indicar las condiciones bajo las cuales la vida primitiva desarrolló su maquinaria celular. El medio extracelular que se encontraba menos oxigenado y levemente hipercápnico. Canfield (1998) estimó que hace 1050 a 540 millones de años el aire se volvió normóxica, para después volverse hiperóxico (Canfield y Teskr, 1999) comparado con el estado actual. Importante es, que ha sido propuesto que las mitocondrias fueron asociadas dentro de células en una temprana fase evolutiva, cuando la P_{O_2} del aire estaba en su nivel más bajo (Whalley et al., 1979). Para referencia, 1 kPa $\approx 7,5$ mmHg o Torr y en una solución salina, $P_{O_2} = 1$ kPa corresponde a una fracción de oxígeno de $\approx 1\%$ de la presión atmosférica total a nivel del mar.

Durante los pasados años, se ha reportado la existencia de una estrategia adaptativa para muchos animales acuáticos de fisiologías muy diferentes. La P_{O_2} arterial es mantenida dentro de un bajo rango de presión parcial de oxígeno de entre 1 y 3 kPa, con gran independencia de la P_{O_2} del ambiente acuático (3-40 kPa). Esto ha sido descrito extensamente y reportado en representantes de tres principales grupos de organismos acuáticos: crustáceos (Massabuau y Burton, 1984; Forgue et al., 1992; Legeay and Massabuau, 1999), Peces (Forgue et al., 1989; Takoda, 1990) y moluscos (Massabuau et al., 1991; Tran et al., 2000). Se le ha llamado la "estrategia de baja P_{O_2} en sangre", pero en un contexto más general se le puede llamar la estrategia de baja oxigenación tisular. A partir de datos de recientes experimentos en animales acuáticos se puede sugerir esto como una posible estrategia y las implicaciones que ésta tendría en la fisiología de los mamíferos. A pesar de la evidente diversidad de cambios evolutivos que hay entre vertebrados e invertebrados y de poiquilotermos a homeotermos

¿LA EXISTENCIA DE UNA BAJA PRESIÓN PARCIAL DE OXÍGENO ARTERIAL (P_{AO_2}) EN ANIMALES ACUÁTICOS, POIQUILOTERMOS TERRESTRES Y TEJIDOS DE MAMÍFEROS SE DEBE A QUE...?

A) Es una adaptación secundaria ya que se encuentran en un ambiente circundante con una baja P_{O_2}

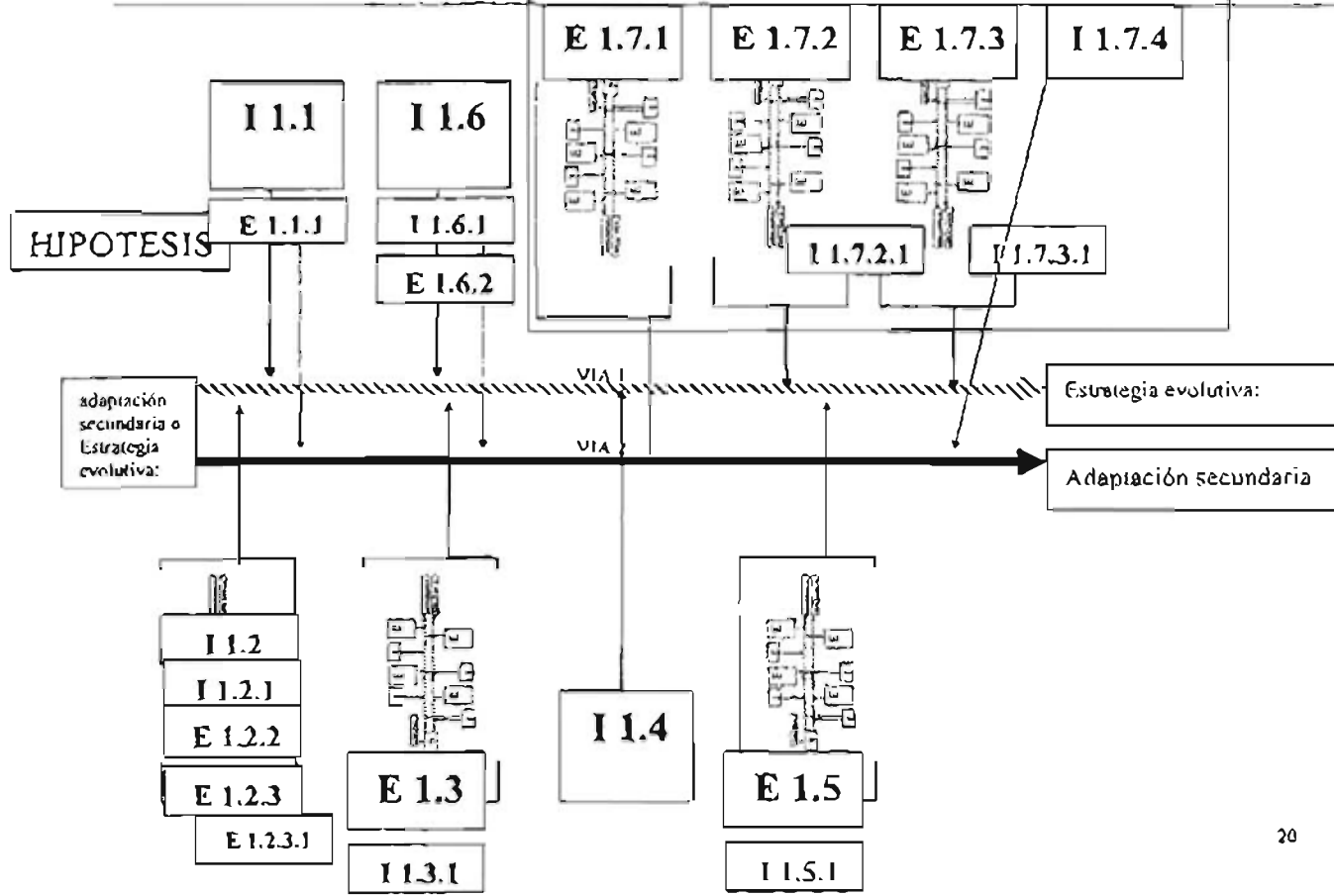
B) Los niveles de oxigenación en las células individuales han permanecido constantes durante la evolución para mantener la oxigenación del medio original: Estrategia evolutiva:

Para probar esto generamos un gráfico de resolución de problemas, que nos indica una trayectoria, que parte de una hipótesis generada por el estudiante y a la cual se le van sumando diferentes hechos que irá descubriendo con investigación (I) o experimentación (E), con los cuales se apoyará una u otra trayectoria hasta que valide el resultado final.

Nota: a partir de allí se trazan varias vías de seguimiento en donde se le explica al alumno que la ciencia está en constante cambio y que continuamente avanzamos generando y probando muchas hipótesis que pueden reforzar o anular a las anteriores.

4. GUIÓN LITERARIO HIPERTEXTUAL

E 1.7 COMPARACION ENTRE ORG. ACUÁTICOS, AVES Y MAMÍFEROS.



4. GUIÓN LITERARIO HIPERTEXTUAL

Subproblema 1

DETERMINAR QUE FACTORES INFLUYEN EN LA PO₂ DE LA SANGRE

Introducción

En los tejidos y por ende en las células, el suplemento de oxígeno depende del flujo sanguíneo, la capacidad de carga de la sangre y las características del pigmento respiratorio, la conductancia difusiva de los capilares arteriales a las células y la diferencia de Po₂ entre la sangre arterial y los compartimentos intracelulares. Cuando dos compartimentos están divididos por una membrana que contiene medios no idénticos con diferentes capacidades de O₂ (ej. Coeficientes de solubilidad), la diferencia de concentración no es de hecho la fuerza que controla la difusión. La fuerza motriz, es la diferencia en la Po₂ de oxígeno que puede operar en contra del gradiente de concentración como lo hace entre el aire y la sangre en los pulmones, agua y sangre en las branquias y compartimentos extra e intracelulares, lo que se convierte en un factor limitante, que determina por un lado la entrada de O₂ a las células, y por el otro caracteriza la actividad de O₂ en la vecindad extracelular.

El uso de Po₂ es una noción fundamental, especialmente, cuando se integran conceptos de diferentes temas como bioquímica o fisiología celular en donde las concentraciones son de uso común.

INVESTIGACIÓN 1.1 PIGMENTOS

INVESTIGACION 1.2 SÍNTESIS DE TRANSPORTE DE GASES

SE REVISARÁ:

- ROL DE LA HEMOGLOBINA EN LA TRANSFERENCIA DE OXÍGENO Y BIÓXIDO DE CARBONO
- TRANSPORTE DEL CO₂
- CAPACIDAD DE TRANSPORTE
- SISTEMAS AMORTIGUADORES

Subproblema 2

EFFECTO DEL NICHÓ ECOLÓGICO Y LA AFINIDAD DE LA SANGRE EN LA PO₂ DE LA SANGRE EN CRUSTACEOS MOLUSCOS Y TELEOSTEOS

EXPERIMENTACIÓN 2.1

¿La frecuencia de distribución de la paO₂ en crustáceos, moluscos y teleosteos en condición de normoxia es influida por la afinidad de la sangre al O₂ y por su nicho ecológico?

A) Estos factores no influyen a la frecuencia de distribución de la PAO₂

B) Estos factores sí influyen a la frecuencia de distribución de la PAO₂

INVESTIGACION 2.2 para complementar la información del experimento, habrá Hiperlink con los siguientes bichos que dará información acerca de su P50, su nicho ecológico, los resultados de su distribución de Po₂ arterial en gráficas y valores promedio. Lo que ayude a analizar los resultados

4. GUIÓN LITERARIO HIPERTEXTUAL

CRUSTACEOS

- Astacus
- Carcinus
- Homarus
- Eriocheir
- Necora
- Cancer
- Procambarus
- Maia

MOLUSCOS

- Corbicula
- Anodonta

TELEOSTEO

- Silurus

Subproblema 3

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PO2 DE LA SANGRE EN POIQUILOTERMOS

EXPERIMENTACIÓN 3.1

¿INFLUYE LA TEMPERATURA EN LA ESTRATEGIA DE BAJA OXIGENACIÓN DE LA SANGRE?

SI

NO

Subproblema 4

RELACION ENTRE CAMBIOS DE COMPORTAMIENTO Y LA PAO2 EN CRUSTACEOS

INVESTIGACIÓN 4.1

¿INFLUYEN LOS CAMBIOS DE COMPORTAMIENTO EN LA PAO2 EN CRUSTACEOS?

SI

NO

4. GUIÓN LITERARIO HIPERTEXTUAL

Subproblema 5

EFFECTO DEL ESTRÉS EN LA PO₂ EN SANGRE EN ORGANISMOS ACUÁTICOS

EXPERIMENTACIÓN 5.1

¿LA FRECUENCIA DE DISTRIBUCIÓN DE LA PAO₂ EN ANIMALES ACUÁTICOS EN CONDICIÓN DE NORMOXIA SON INFLUIDOS POR EL MANEJO EXPERIMENTAL Y LAS MEDICIONES EN LABORATORIO?

A) Este factor no influye en la frecuencia de distribución de la PAO₂

B) Este factor si influye en la frecuencia de distribución de la PAO₂

Subproblema 6

EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA EN LA PaO₂ EN HUMANOS

EXPERIMENTACIÓN 6.1

¿LA PAO₂ EN HUMANOS ES INFLUIDA POR LA CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA?

A) Este factor no influye a LA PAO₂

B) Este factor si influye a la PAO₂

Subproblema 7

DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO Y RESPUESTAS RESPIRATORIAS

EXPERIMENTACIÓN 7.1

¿INFLUYE EL GRADO DE OXIGENACIÓN DEL AGUA EN LA PAO₂?

SI

NO

INVESTIGACIÓN 7.1.2: Ecofisiología de crustáceos, peces y moluscos

INVESTIGACIÓN 7.2

¿SI ES QUE EXISTE UNA ESTRATEGIA EVOLUTIVA DE BAJA PRESIÓN PARCIAL DE OXÍGENO EN SANGRE Y TEJIDOS EN UNA AMPLIA GAMA FILOGENÉTICA, ENTONCES LAS RESPUESTAS RESPIRATORIAS A DIFERENTE DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO (HIPOXIA, HIPEROXIA) DEBEN ESTAR DE ALGUNA MANERA CONSERVADAS O RELACIONADAS?

LAS RESPUESTAS A LOS CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO ESTÁN CONSERVADAS A LO LARGO DE LA ESCALA FILOGENÉTICA

LAS RESPUESTAS A LOS CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO NO ESTÁN RELACIONADAS A LO LARGO DE LA ESCALA FILOGENÉTICA

INVESTIGACIÓN 7.2.1 RESPUESTAS RESPIRATORIAS

4. GUION LITERARIO HIPERTEXTUAL

EXPERIMENTACIÓN 7.2.2 EVOLUCION DE RESPUESTAS RESPIRATORIAS A HIPOXIA

Subproblema 8

DE LA ESTRATEGIA DE BAJA OXIGENACIÓN ARTERIAL A LA ESTRATEGIA DE BAJA OXIGENACIÓN TISULAR

Introducción:

Los requerimientos de O₂ en varios animales acuáticos, son satisfechos a un determinado nivel interno de O₂. Así también, en aves y mamíferos el sistema respiratorio mantiene el oxígeno a un cierto nivel requerido por la demanda de oxígeno del sitio.

EXPERIMENTACIÓN 8.1

COMPARACION DE LA PAO₂ DE ANIMALES ACUATICOS, AVES Y MAMÍFEROS

¿LA ESTRATEGIA DE BAJA P_{o2} ARTERIAL QUE PRESENTAN LOS ANIMALES ACUATICOS, SE ENCUENTRA TAMBIÉN EN AVES Y MAMÍFEROS?

EXPERIMENTACION 8.2

¿ESTAS DIFERENCIAS SE DEBEN AL CONTRASTE QUE TIENEN EL AGUA Y EL AIRE COMO MEDIO INSPIRADOR (transphyctic division based on de nature of the milieu; Dejours, 1988) O SE DEBE AL CAMBIO DE INTENSIDAD METABÓLICA ENTRE POIQUILOTERMOS Y HOMEOTERMOS?

INVESTIGACIÓN 8.2.1 DIFERENCIAS ENTRE MEDIO ACUÁTICO Y TERRESTRE

Y DESPUÉS SE LLEGA A LA CONCLUSIÓN DE QUE NO ES EL MEDIO.

EXPERIMENTACIÓN 8.3

COMPARACION ENTRE LA PAO₂ EN ANIMALES ACUATICOS, POIQUILOTERMOS Y TEJIDOS DE HOMEOTERMOS

¿EXISTE ALGUNA SIMILITUD ENTRE LA PAO₂ DE ANIMALES ACUATICOS, POIQUILOTERMOS Y LOS TEJIDOS DE HOMEOTERMOS?

INVESTIGACION 8.3.1

COMPARACIÓN DE ESTUDIOS TISULARES DE MAMÍFEROS

4. GUIÓN LITERARIO HIPERTEXTUAL

DISCUSIÓN

Existe una considerable similitud en la PO₂ en el medio interno entre numerosos animales acuáticos, poiquiloterms terrestres y tejidos de mamíferos

¿ES UNA CONVERGENCIA O ES EL RESULTADO DE EVOLUCIONES ALTERNATIVAS?

Introducción

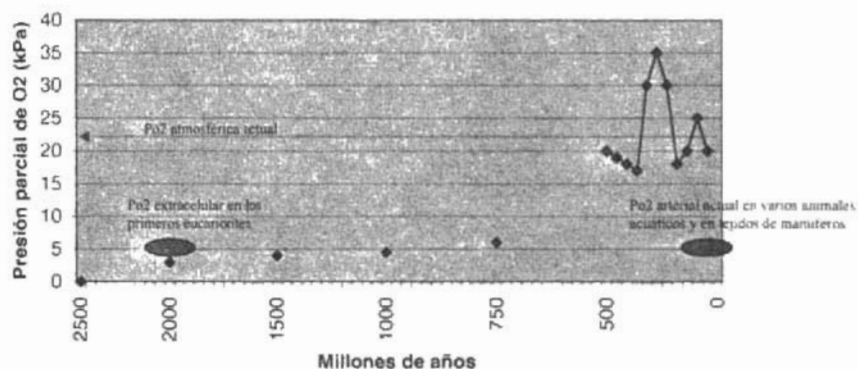
Las células eucariotas han existido desde hace 2 mil millones de años y la vida animal empezó a desarrollarse en un medio ambiente con un bajo contenido de oxígeno.

Un organismo multicelular moderno es un complejo ensamble de células individuales que interactúan dentro de un medio ambiente local y con uno externo.

La evidencia propone que los valores de oxigenación a nivel celular han permanecido constantes durante la evolución de la vida, para mantener la oxigenación del medio original.

La estrategia de baja PAO₂ observada en organismos acuáticos puede ser un eslabón en la cadena originada en la era Proterozoica.

La extensa historia, que incluye la elaboración de sistemas complejos de intercambio gaseoso adaptados al ambiente acuático y terrestre (y el uso de pigmentos respiratorios) y la adaptación al incremento de tamaño, complejidad y niveles metabólicos en una tierra con atmósfera cambiante, puede representar un gran ejemplo de homeostasis operando a través de una gran escala de tiempo.



EVOLUCION DE LA PO₂ EJEMPLIFICADA LA PO₂ EN ACUÁTICOS Y TEJIDOS DE MAMÍFEROS

4. GUIÓN LITERARIO HIPERTEXTUAL

¿POR QUÉ MANTENER LA OXIGENACION CELULAR EN UN BAJO NIVEL EN UN DETERMINADO Y CONTROLADO RANGO?

- Efectos de la disminución de oxígeno en hipoxia cerebral (Siesjö, 1978; Choi, 19990)
- El exceso de oxígeno provoca toxicidad produciendo radicales libres (ROS) que dañan a las células. Estos se han propuesto como causantes del envejecimiento celular (Finkel y Holbrook, 2000)
- Se piensa que la Dismutasa superóxida, enzima especializada que protege a las células de la toxicidad del oxígeno, apareció muy temprano en la evolución.
- Sin duda prevenir un cambio de PO₂ es también la manera más fácil y eficiente para limitar la producción de ROS.
- Una idea central es que ciertamente numerosos tejidos in situ se encuentran en un estado permanente cercano a hipoxia, ya que la mayoría de las reacciones dependientes de O₂ están limitadas a la PO₂ fisiológica (Siesjö, 1978; Jones et al., 1985; Chinet y Mejsnar, 1989; Connett et al., 1990; Vanderkooi et al.,)
- Esta observación concuerda con la idea de que muchas células pueden funcionar in situ en el borde de la insuficiencia de O₂ y con el concepto de la dependencia de mecanismos fisiológicos a la PO₂. De hecho existen ahora argumentos de que los organismos pueden utilizar el O₂ y sus derivados como mensajeros, moduladores e incluso neuromoduladores, tanto como substancias, como facilitadores en donde la fosforilación oxidativa es más eficiente a baja PO₂ que a concentraciones saturadas de O₂ (Gnaiger et al., 2000).
- Por ejemplo ROS puede actuar como moléculas señal que le sirven a las células para regular su actividad eléctrica (Acker, 1994) o incluso los genes de expresión dependiente de oxígeno (Fandrey y Genius, 1999).
- Hay más de 100 reacciones en donde el oxígeno participa directamente y son afectadas por la PO₂ in situ.
- Entre estas, solo la enzima citocromo c oxidasa que se encuentra en la mitocondria, presenta una KmO₂ que es mucho menor que el promedio de la concentración de O₂ en la PO₂ fisiológica (0.5-0.05 Mmol L⁻¹ a 25°C o PO₂ = 0.05-0.005 kPa; Vanderkooi et al., 1991; Gnaiger et al., 2000). Esta es la mejor protección contra la suspensión temprana de la producción de ATP en hipoxia, por lo que la mitocondria está perfectamente adaptada para trabajar a muy baja PO₂.
- A pesar de que es lógico que el incremento en la tasa metabólica en un órgano desencadena un aumento en el suministro de O₂, fuertes argumentos soportan la hipótesis de que la respiración en células de músculo esquelético de mamíferos es controlada fisiológicamente por el control intra-órgano de la disponibilidad de Oxígeno (Chinet y Mejsnar, 1989; Richmond et al., 1997).
- En crustáceos, en donde es más fácil obtener análisis celulares o de comportamiento, la relevancia de finos cambios en los valores de PAO₂ en la generación de comportamientos ha sido demostrado en dos situaciones: En el cangrejo *A. Leptodactylus*, Forgue et al., 2001, reportó que diferentes PO₂ arterial regulados durante el ritmo circadiano (2 kPa al reposo y 4 kPa durante la actividad nocturna) contribuye a delinear el comportamiento al reposo por medio de una directa acción en el metabolismo oxidativo de los propios músculos locomotores. En la langosta *H. Gammarus*, se ha demostrado que un pequeño cambio en la PO₂ de la sangre de 1 a 6 kPa tiene una acción neuromoduladora específica en el CNS (Massabau y Meyrand, 1996) y los movimientos digestivos post-alimentación están regulados por cambios locales de oxigenación programados (Clemons et al., 1998)

Estos datos revelan que los requerimientos de O₂ no son solo para la producción de ATP, aunque el 90% del consumo se use para la demanda mitocondrial.

4. GUIÓN LITERARIO HIPERTEXTUAL

QUEDA POR SER DEMOSTRADO:

- Cambios activos controlados de PO₂ en los tejidos pueden contribuir, posiblemente, a la generación de comportamientos determinados (Como se muestra en el aumento de la actividad neuronal en crustáceos).
- Esto puede ser relevante en mamíferos. ¿Cómo un cambio regional de la tasa de flujo sanguíneo puede estar asociado con la actividad neuronal en el CNS (Ha sido reportado por Hofte, 1997)

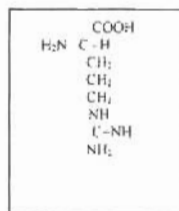
REFLEXION FINAL

LA CIENCIA ES UNA AVENTURA DINAMICA EN DONDE CONTINUAMENTE AVANZAMOS PARA ENRIQUECER NUESTRO ENTENDIMIENTO DEL MUNDO Y CON ESTE AVANZAR VOLVEMOS A TRAZAR CAMINOS SIEMPRE GENERANDO Y PROBANDO NUEVAS HIPÓTESIS QUE PUEDEN REFORZAR O ANULAR A LAS ANTERIORES.

5. GLOSARIO

GLOSARIO

- Aferente:** Que trae impulsos, sangre, etc., de las regiones externas de un órgano o cuerpo hacia el centro. Por ejemplo, los nervios aferentes traen impulsos nerviosos de los órganos de los sentidos hacia sistema nervioso central. Contrario de eferente.
- Alvéolo:** Diminuto saco de aire en los pulmones de los mamíferos, estos aparecen en racimos al final de cada bronquiolo. Tienen delgadas paredes húmedas rodeadas por capilares, lo cual permite el libre intercambio de gases entre la sangre de los capilares y el aire inspirado en el alvéolo. En las aves su función la realizan los capilares de aire, que vienen de los parabronquios (ramas de los bronquios).
- Anélidos:** Invertebrados triplobásticos con simetría bilateral segmentados; son los gusanos segmentados incluyendo el *Nereis*, *Lumbricus* y las sanguijuelas. Los anélidos tienen el cuerpo alargado y suave cubierto por una delgada cutícula y la mayoría tienen cerdas quitinosas organizadas en segmentos (quetas) que ayudan en la locomoción. En la pared corporal contienen capas longitudinales y circulares de músculos y la cavidad corporal es un celoma que aísla el intestino de la pared del cuerpo. El intestino va desde la boca adelante, hasta el ano en la parte posterior. Los sistemas nervioso y sanguíneo están bien desarrollados, como también los nefridios para la excreción.
- Arginina:** Abreviatura Arg. Símbolo R. Aminoácido con carga positiva



- Blastocele (Cavidad de segmentación):** La cavidad interna llena de líquido de una blastula. Aparece durante la segmentación del huevo.

5. GLOSARIO

- Capacidad de oxígeno:** Cada molécula de hemoglobina puede combinarse con cuatro moléculas de oxígeno, cada grupo hemo se combina con una molécula de oxígeno. La cantidad de oxígeno que se une a la hemoglobina varía con la presión parcial de oxígeno. Si todos los sitios de la molécula de hemoglobina están ocupados por O₂ la sangre está cien por ciento saturada y el contenido de oxígeno en sangre es igual a la capacidad de oxígeno. Un milimol de hemo puede unirse a un milimol de oxígeno que representa un volumen de 22.2 ml de oxígeno. La sangre humana contiene alrededor de .9 milimoles de hemo por cada cien mililitros de sangre. La capacidad de oxígeno es entonces .9 por 22.4 = 20.2 mol %
- Capas Germinales:** Las tres capas principales – ectodermo, mesodermo y endodermo- que forman en los embriones de la mayoría de los animales durante la gestación. Estas capas no incluyen células especiales o grupos de células que pueden ser migratorias.
- Celenterados (Coelenterata):** Filum de invertebrados acuáticos, más que todo marinos, y los animales multicelulares más primitivos (metazoos). Presentan simetría radial y son diploblásticos. La pared del cuerpo, que tiene dos capas separadas por una capa de gelatina (mesoglea), encierra la cavidad corporal (celenterón). La abertura de la boca está rodeada por un círculo de tentáculos que usan para capturar el alimento y como defensa, y pueden tener células punzantes (nidoblastos). Existen dos formas de pólipo sedentario (la hidra solitaria, las anémonas marinas y corales de colonia) y la medusa móvil. Una o ambas formas aparecen en el ciclo vital. Fig.13-7 Ville.
- Celoma:** Cavidad llena de fluido situada en el mesodermo de los animales superiores. Funciona como esqueleto hidrostático en algunas lombrices (lombriz de tierra) constituyendo una barrera contra la cual no actúan los músculos. La cavidad separa el mesodermo esplácnico interno del mesodermo somático externo y está recubierta por epitelio celómico. Separa la pared corporal de la pared intestinal permitiendo el movimiento muscular independiente de estas estructuras.

5. GLOSARIO

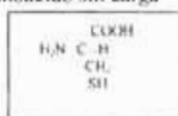
Permite y exige mayor complejidad orgánica, especialmente el desarrollo del sistema sanguíneo vascular. Es la cavidad principal del cuerpo de los anélidos, moluscos, equinodermos y cordados y contiene las vísceras. En los mamíferos se divide en cavidades separadas que contienen el corazón (cavidad pericardial), los pulmones (cavidad pleural) y los intestinos (cavidad peritoneal). En los artrópodos el celoma se reduce a cavidades que rodean las gónadas y órganos de excreción, siendo la cavidad principal el hemocel, cavidad llena de sangre. El celoma separa el intestino de la pared del cuerpo, permitiendo mayor movilidad y especialización, y el desarrollo de un sistema vascular sanguíneo.

Ciclo de Krebs(ciclo del ácido cítrico,ciclo del ácido tricarbónico):

Complejo ciclo de reacciones en las cuales el ácido pirúvico, producido en la glucólisis es oxidado en dióxido de carbono y agua, con producción de grandes cantidades de energía. Es la segunda etapa de la respiración aerobia y tiene lugar en las mitocondrias.

Cisteína:

Abreviatura Cys. Símbolo C. Aminoácido sin carga



Contenido de oxígeno: El contenido de oxígeno en una unidad de volumen de sangre incluye el oxígeno en solución y el combinado con hemoglobina. En la mayoría de los casos el Oxígeno en solución es únicamente una pequeña fracción del total del contenido de oxígeno.

Ctenóforos
(Ctenophora):

Pequeño filum de invertebrados marinos. Presentan similitudes con los celenterados. El cuerpo transparente y globular, tiene ocho líneas de peines formando peines o tenos usados en la locomoción. El enterón forma un sistema de canales. La mayoría tiene tentáculos con células adhesivas a cada lado del cuerpo para capturar el alimento.
Fig. 13-12 Ville

5. GLOSARIO

Cuerpos carótidos y aórticos:	Quimiorreceptores sensibles a las variaciones de la presión parcial de O ₂ en la sangre
Daltons:	Peso de un átomo de Hidrógeno (1.66×10^{-24} g.)
Descarboxilación:	Extracción de un grupo carboxilo (- COOH) de un compuesto orgánico
Diafragma:	Lamina muscular y tendinosa en forma de cúpula que separa la cavidad torácica de la cavidad abdominal en los mamíferos. El tejido muscular se encuentra en el borde del diafragma y cuando se contrae el diafragma se aplana. Esto aumenta el volumen del tórax, disminuyendo la presión y haciendo que el aire entre a los pulmones. Cuando los músculos del diafragma se relaja, este recupera su forma y el aire es espirado. El esófago, la aorta dorsal y la vena cava inferior atraviesan el diafragma. Las contracciones del diafragma están controladas por el centro respiratorio de la médula del cerebro a través de los nervios frénicos.
Diploblástico:	Se refiere a animales cuyas paredes del cuerpo están constituidas por dos capas: endodermo y ectodermo, separados por la mesoglea (sustancia intercelular gelatinosa). Los celenterados, por ejemplo, son animales diploblásticos. Disminuyendo el pH de la sangre (efecto Bohr) y promoviendo la combinación directa del CO ₂ con la hemoglobina.
Distal:	Designa la parte de un órgano, miembro, etc, que se encuentra más alejada del origen o punto de inserción.
Diventiculo:	Tubo ciego o apéndice sacciforme en un tubo o cavidad.
Ectodérmica:	Que pertenece al ectodermo. (ver ectodermo)
Ectodermo:	Hoja germinal de los metazoos (incluidos los vertebrados) que permanece en el exterior del embrión y da origen a la epidermis y a sus derivados (plumas, pelo, diversas glándulas, esmalte) y a la membrana de la boca y cloaca. (ver hojas germinales) fig. 28-12 Ville.
Efecto Bohr:	El incremento en la concentración de H ⁺ (disminución del pH) causa una reducción en la afinidad de oxígeno en la hemoglobina, un fenómeno llamado efecto Bohr. El

5. GLOSARIO

dióxido de carbono reacciona con el agua para formar ácido carbónico y reacciona con los grupos NH₂, en las proteínas del plasma y la hemoglobina para formar copuestos carbaamino, este incremento de la presión parcial de CO₂ causa una reducción en la afinidad de la hemoglobina al oxígeno en dos formas:

- Efecto Haldane:** Los grupos NH₂ de las proteínas de la sangre pueden formar uniones con CO₂ mediante una reacción no enzimática que permite el 10 o 15% del transporte de CO₂ en los mamíferos: la formación de carbaaminohemoglobina. Esta reacción es de mucha importancia pues entra en una reacción reversible. Mediante esta reacción el CO₂ es captado y liberado de la hemoglobina de una manera rápida conocida como efecto Haldane, basado en el poder de combinación que tienen los pigmentos respiratorios, particularmente la hemoglobina y la hemocianina de acuerdo con su estado de oxigenación.
- Endodermo:** La hoja germinal más interna de la mayoría de los metazoos (incluidos los vertebrados) y que da origen al tubo digestivo y a sus derivados (por ejemplo, hígado y páncreas). También forma el saco vitelino y los alantoides de las aves y mamíferos. (ver hojas germinales)
- Equilibrio de Donnan:** Equilibrio electroquímico que se desarrolla cuando dos soluciones están separadas por una membrana permeable para solo algunos de los iones de la solución.
- Eritrocitos (glóbulo rojo):** Tipo de célula sanguínea que contiene hemoglobina y encargada del transporte del oxígeno en la sangre. Los glóbulos rojos de los mamíferos son discos circulares bicóncavos sin núcleos (los glóbulos rojos de otros vertebrados son ovalados y tienen núcleos). La sangre del hombre contiene 5 mil millones de glóbulos rojos por milímetro cúbico; cada célula vive unos 120 días, luego de los cuales se destruye en el hígado y se reemplaza por una nueva proveniente de la médula ósea. El número de glóbulos rojos aumenta en regiones donde falta oxígeno como ocurre a grandes alturas. Además de hemoglobina los eritrocitos contienen una enzima, la anhidrasa carbónica, por lo cual desempeñan un papel importante en

5. GLOSARIO

	el transporte de dióxido de carbono y en el mantenimiento de un pH constante.
Eritropoyetina:	La reducción en el fluido sanguíneo renal promueve la producción de la hormona eritropoyetina por el riñón (también se produce en el hígado), la que estimula la producción de células rojas de la sangre por la médula ósea (eritropoyesis)
Estomotráceos:	Estos animales son los primeros organismos con sistema vascular separado; aunque rudimentario consta de tres tubos musculares (los vasos sanguíneos) que recorren todo el cuerpo unidos por vasos transversales. Tienen glóbulos rojos con hemoglobina. Fig. 13.16 Ville. Estos presentan ya un tubo digestivo completo con boca en un extremo para ingerir alimentos y ano en el otro para eliminar productos de deshecho.
Fluido Cerebroespinal (CSF):	En vertebrados es un fluido claro que llena las cavidades (ventrículos) que están en el cerebro y en el canal central de la espina central; este es un complejo filtro del plasma de la sangre y es modificado por células cerebrales antes de que regrese al sistema venoso.
Glicólisis (vía Embden-Meyerhof):	Vía metabólica por la cual las azúcares hexosa y triosa son desdobladas en sustancias simples como piruvato o lactato.
Globina:	Proteína de la hemoglobina compuesta por dos partes iguales cada una formada por dos cadenas polipeptídicas.
Hemocele:	Ver celoma.
Hemocianina:	Pigmento azul de la sangre de muchos moluscos y artrópodos. Después de la hemoglobina es el pigmento de la sangre más frecuente, funciona de manera similar a ella como transportador de oxígeno en la sangre. Es una proteína que contiene cobre.
Hemolinfa:	Es la sangre de los invertebrados con sistema circulatorio abierto.
Histidina:	Abreviatura His. Símbolo H. Aminoácido con carga positiva

5. GLOSARIO

Hipoxia:	Niveles reducidos de oxígeno
Intersticial:	Entre células o tejidos.
Lactato:	La segunda ruta del piruvato es su reducción al lactato. Cuando algunos tejidos animales deben funcionar anaeróbicamente, particularmente cuando el músculo esquelético que se contrae vigorosamente, el piruvato formado a partir de la glucosa no puede oxidarse más por falta de oxígeno. En estas condiciones el piruvato formado en la glucólisis se reduce a lactato.
Lamelibrancios (Lamelibranchiata, bivalvos):	Clase de moluscos marinos y de agua dulce caracterizados por un cuerpo aplanado en sentido lateral y una concha constituida por dos valvas articuladas en la región dorsal. Algunos se encuentran anclados al sustrato por filamentos resistentes, como el <i>Mytilus</i> (Mejillón). Otros se entierran entre la arena como el <i>Cardium</i> (coquina), las rocas o la madera. Los bivalvos tienen la cabeza escasamente desarrollada y dos grandes branquias que utilizan para la respiración y filtración de alimentos.
Lisina:	Abreviatura Lys. Símbolo K. Aminoácido con carga positiva
Medula oblongada (Bulbo raquídeo):	Porción del encéfalo que se ocupa del funcionamiento de los órganos viscerales, como el estómago, los pulmones y el corazón. Es continuación de la médula espina y además de los haces de fibras nerviosas que pasan de la región cerebral superior de la médula espinal. Contiene centros de materia gris que controlan el ritmo respiratorio, la circulación sanguínea y los movimientos reflejos de los músculos oculares, así como otras funciones involuntarias. Muchos de los pares craneanos salen de esta región.
Mesodermo:	La capa germinal a partir de la cual suelen desarrollarse los músculos, el tejido conjuntivo y el sistema sanguíneo. En la gastrulación el mesodermo se sitúa entre el ectodermo por fuera y el endodermo que recubre el intestino. En la mayoría de los animales el celoma divide el mesodermo en una somatopleura externa debajo de la piel y una emplacnopleura interna alrededor del intestino; las otras

5. GLOSARIO

regiones incluyen los somitas. (Ver capas germinales) fig. 28-8 Ville

Metaloporfirinas: Ver porfirinas

Metahemoglobina: En una molécula de hemoglobina el hierro en su estado ferroso (Fe^{2+}) está unido en un anillo porfirínico del grupo hemo formando uniones coordinadas con los cuatro nitrógenos pirrólicos. Las dos uniones coordinadas restantes, son usadas para unir el grupo hemo a una molécula de oxígeno y al anillo imidazol del residuo de histidina en la globina. La oxidación del hierro ferroso en la hemoglobina a su estado férrico produce la metahemoglobina, la cual no se une al O_2 y por lo tanto es no funcional. Sin embargo la formación de la metahemoglobina ocurre normalmente, los glóbulos rojos contienen a la enzima metahemoglobina reductasa la cual reduce a la metahemoglobina a su forma funcional ferrosa. Algunos compuestos (nitritos y cloratos) actúan también para oxidar a la hemoglobina o para inactivar también a la metahemoglobina reductasa provocando un incremento en el nivel de metahemoglobina dificultando el transporte de oxígeno.

Motoneuronas: Célula nerviosa que inerva fibras musculares.

Músculos intercostales: Conjunto de músculos que unen las costillas adyacentes de los reptiles, las aves y los mamíferos. Están encargados de la rotación de las costillas para aumentar y disminuir el volumen de la caja torácica, realizando así los movimientos respiratorios. Los músculos intercostales externos, se contraen para rotar las costillas en sentido anterior (inspiración); los músculos intercostales internos, se contraen para rotar las costillas en sentido posterior (expiración).

Nemertinos: Es un grupo con 550 especies con sistema de órganos sencillos la mayoría son marinos aunque algunos son de agua dulce o de tierra húmeda, su cuerpo es largo y delgado, cilíndrico o aplanado con longitud que varía de 20 cm a 20 m, su órgano más notable la proboscide es un largo tubo muscular hueco que proyecta desde el extremo anterior del cuerpo utilizado para atrapar alimentos.

Oncótica

5. GLOSARIO

- (presión oncótica): Presión osmótica más presión hidrostática causada por la distribución de iones de acuerdo al equilibrio de Donnan.
- Osmolaridad: La presión osmótica efectiva. Si cierta solución se separa de agua pura con una membrana, hay ósmosis. La presión necesaria para conservar este proceso, se llama la presión osmótica (PO). Mientras más concentrada sea la solución mayor será su presión osmótica.
- Parabronquio,
Dorsobronquio,
Ventobronquio,
Mesobronquio: El Parabronquio es la unidad funcional del pulmón de las aves. Está compuesto por una serie de pequeños tubos extendidos entre el gran dorsobronquio y el ventrobrenquio. Ambos están conectados a un tubo más grande llamado mesobronquio, que se junta en la traquea anterior. El parabronquio y los tubos conectores del pulmón están contenidos en la cavidad torácica.
- Platelmintos
(platyhelminthes): Phylum de invertebrados primitivos que incluye las clases turbelarias (planarios libres acuáticos), tremátodos y cestodos (tenia) parasitarios. Los platelmintos son animales triplobásticos no segmentados con simetría bilateral, carentes de celoma y de sistema sanguíneo. El cuerpo plano facilita el intercambio de gases. El intestino cuando lo hay suele ser ramificado y con una sola apertura (la boca) así como una faringe de succión. La excreción se efectúa por medio de protonefridios y la reproducción se realiza por un complejo sistema hermafrodita.
- Pleura: Membrana doble que rodea a los pulmones y recubre las paredes del tórax en los mamíferos. El espacio estrecho entre las dos membranas (cavidad pleural) se llena de aire y ayuda a proteger los pulmones, amortiguando cualquier golpe. Las células de la membrana secretan líquido pleural para lubricar las pleuras donde se tocan y reducir así la fricción al respirar.
- Porcentaje de saturación: Dado que la cantidad de oxígeno de la sangre se incrementa en proporción a su concentración de hemoglobina, el contenido de oxígeno es comúnmente expresado como porcentaje de la capacidad de oxígeno que es, el porcentaje de saturación.

5. GLOSARIO

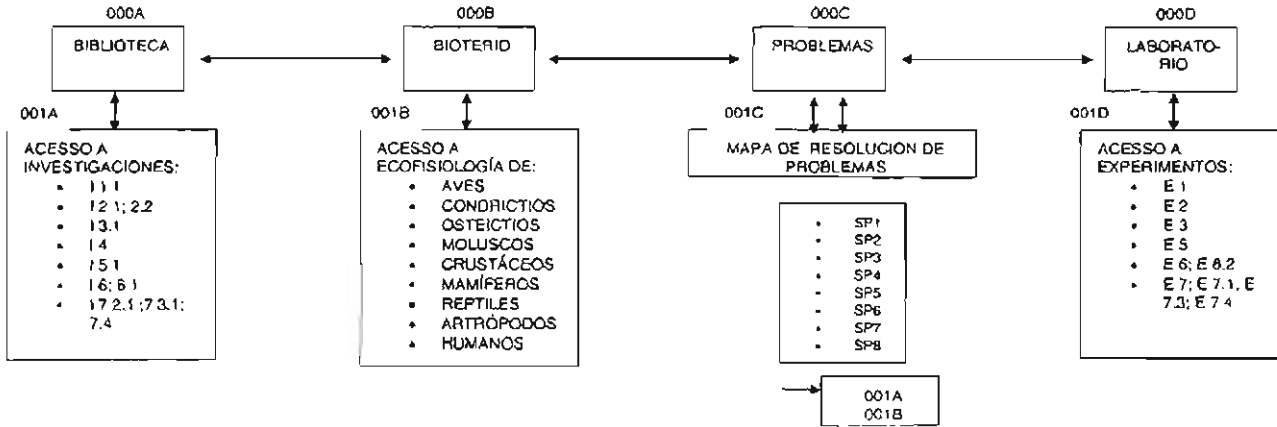
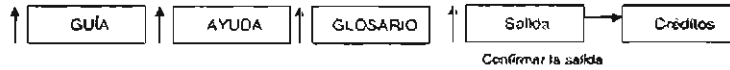
Porfirinas:	Estructuras orgánicas cíclicas con la importante propiedad característica de formar complejos con iones de metales. Algunos ejemplos de metaloporfirinas son las porfirinas de hierro, como el hemo de la hemoglobina y la porfirina de magnesio, clorofila, el pigmento fotosintético en la plantas. La mayoría de las metaloporfirinas en la naturaleza están unidas con proteínas para formar muchas moléculas importantes como la hemoglobina, la mioglobina y los citocromos. Fig. 10.12 Fanjul.
Poríferos (Porifera):	Filum animal que comprende organismos primitivos multicelulares como las esponjas, que probablemente evolucionaron a partir de una estructura multicelular. Todos son sésiles y casi todos marinos.
Primordio:	Conjunto de células que se convierte en un órgano o tejido.
Prostéticos (grupos Prostéticos):	Compuesto orgánico esencial para el funcionamiento de una enzima. Los grupos prostéticos difieren de las coenzimas en que ellos (los grupos prostéticos) están más firmemente asociados a la enzima.
Quimorreceptores:	Receptor específicamente sensible a ciertas moléculas.
Teleósteos:	El orden más grande de peces óseos y el grupo más numeroso de los vertebrados vivos. Se encuentran en la mayoría de los ambientes acuáticos y demuestran gran variedad de formas. Los teleósteos tienen escamas óseas redondeadas, cola simétrica (homocerca) y mandíbulas recortadas con pómulos reducidos, lo que les permite mantener la boca bien abierta. En la mayoría las aletas están sostenidas por unas pocas espinas fuertes y móviles y las aletas pélvica en el extremo anterior del cuerpo, asisten a las pectorales. Contienen una vejiga natatoria interna, cuya función es hidrostática, que le da la flotabilidad y gran habilidad para maniobrar. La fecundación es externa y los huevos carecen de protección.
Tisular:	Referente a tejido.
Torácica:	Referente a tórax.
Tórax:	Parte de la cavidad corporal de los vertebrados, que contiene el corazón y los pulmones. Está protegido por el

5. GLOSARIO

esternón y las costillas y en los mamíferos está separado del abdomen por el diafragma. En los artrópodos, constituye la parte del cuerpo entre la cabeza y el abdomen. Los insectos tienen tres segmentos torácicos, cada uno de los cuales está cubierto por cuatro capas cuticulares (un tergón, un esternón y dos pleurones). Llevan las patas para andar y las alas.

Traqueolas:

En los insectos y en la mayoría de los artrópodos terrestres, la traquea se ramifica en pequeñas traqueolas, que penetran en los músculos y órganos. Los movimientos de bombeo ventilan la traquea principal; luego el oxígeno es difundido a las traqueolas, donde se disuelve en un líquido (que llena a las traqueolas más delgadas) y entra a los tejidos circundantes.



NOMBRE: MENÚ PRINCIPAL
 NOMENCLATURA: 000 (100 Sala de Análisis)

TÍTULO: T_Tit-principal

IMAGEN DE FONDO:
 F_menuprincipal

AUDIO DE FONDO:

DESPLIEGUES AUTOMÁTICOS:

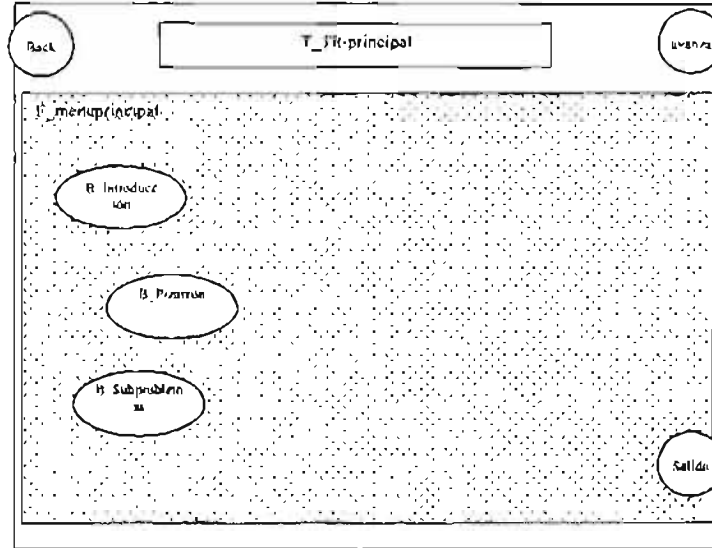
B_Introducción
 B_Subproblemas
 B_Pizarrón

DISPARADORES DE MEDIOS:

CONTROLES DE MEDIDAS:

COMENTARIOS: La imagen F_manuprincipal se desplaza de izquierda derecha para fijarse en la posición adecuada de acuerdo a la pantalla en la que se encuentre 100, 200, 300 o 400

DESCRIPCIÓN: La pantalla comienza con UN LOGIN



ELEMENTOS DE NAVEGACIÓN

Particulares:

- * B_inicio > 100
- * B_regresa > Inactiva
- B_Introducción > 110
- B_Pizarrón > 120
- * B_Subproblemas > 130

Generales:

B_Salida

NOMBRE: MENU PRINCIPAL
 NOMENCLATURA: 000 (200 BIBLIOTECA)

TITULO: T_Tit-principal (el titulo cambia de acuerdo a la seccion)

IMAGEN DE FONDO:

F_menuprincipal
 F_Abraro

AUDIO DE FONDO:

DESPLIEGUES AUTOMÁTICOS:

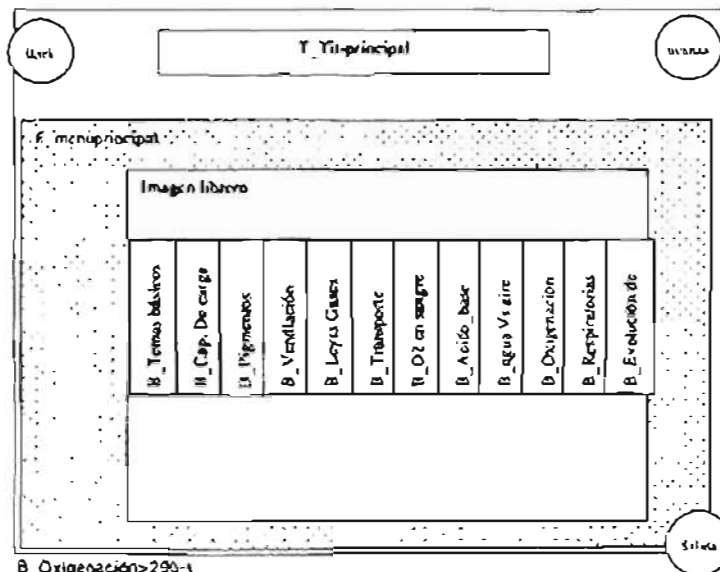
DISPARADORES DE MEDIOS:

B_LIBRERO. Abro un video (animación de apertura de librería)
 y activa los botones de la biblioteca.

CONTROLES DE MEDIOS:

COMENTARIOS La imagen F_menuprincipal se desplaza de
 izquierda derecha para fijarse en la posición adecuada de acuerdo
 a la pantalla en la que se encuentre 100, 200, 300 o 400

DESCRIPCIÓN:



ELEMENTOS DE NAVEGACIÓN

Particulares.

- B_abanza > 300
- B_regresa > 100
- B_temas básicos > 210
- B_Cap. Carga > 220

- B_Pigmentos > 200
- B_Ventilación > 240
- B_Leyes de los gases > 250
- B_Transporte > 260
- B_O2 en sangre > 270
- B_Acido-base > 280
- B_agua Vs Aire > 280

- B_Oxigenación > 290-1
- B_Respiratorias > 290-2
- B_evolución de las
 A.R. > 290-3

Generadores:
 B_Salida



NOMBRE: MENU PRINCIPAL
 NOMENCLATURA: 000 (300 laboratorio)

TÍTULO: T_Tit-principal

IMAGEN DE FONDO:
 F_manuprincipal
 F_laboratorio

AUDIO DE FONDO:

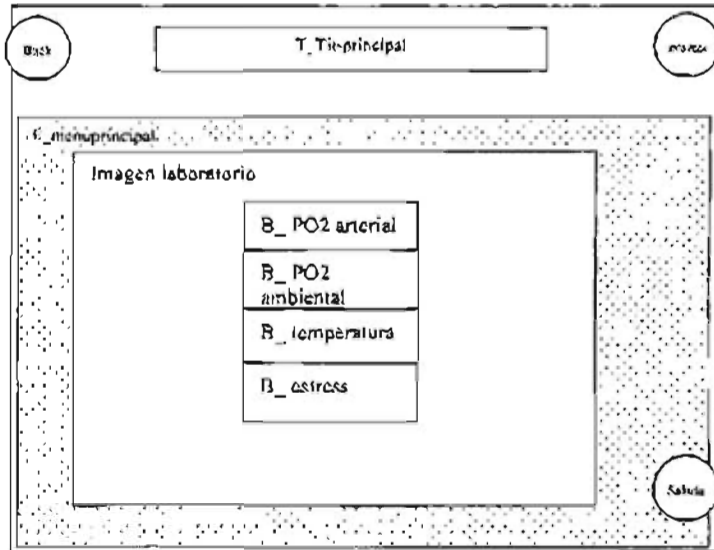
DESPLIEGUES AUTOMÁTICOS:

DISPARADORES DE MEDIOS:
 B_ isprop. Abre un video (animación de laboratorio) y activa los botones del laboratorio virtual.

CONTROLES DE MEDIOS:

COMENTARIOS: La imagen F_manuprincipal se desplaza de izquierda a derecha para fijarse en la posición adecuada de acuerdo a la pantalla en la que se encuentre 100, 200, 300 o 400

DESCRIPCIÓN:



- * B_temperatura>330
- * B_estres>340
- *

Generados:
 B_Salida

NOMBRE: MENU PRINCIPAL
NOMENCLATURA: 000 (400 bioterio)

TÍTULO: F_Ti-principal

IMAGEN DE FONDO:
F_menuprincipal

AUDIO DE FONDO:

DESPLÉGUES AUTOMÁTICOS:

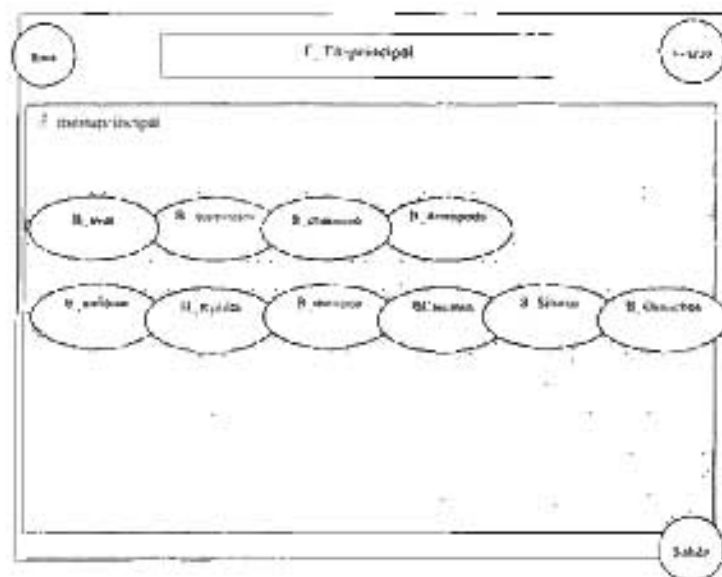
B_aves>410
B_anfibios>420
B_mamiferos>430
B_Papilas>440
B_Crustaceos>450
B_Moluscos>460
B_Artrópodos>470
B_Cardínios>480
B_Silurus>490
B_Osteicos>480-1

DISPARADORES DE MEDIOS:
B_laboratorio > A_laboratorio

CONTROLES DE MEDIOS:

COMENTARIOS: La imagen F_menuprincipal se desplaza de izquierda a derecha para fijarse en la posición adecuada de acuerdo a la pantalla en la que se encuentre 100, 200, 300 o 400

DESCRIPCIÓN: La pantalla comienza con UN LOGIN



ELEMENTOS DE NAVEGACIÓN

Particulares:

- + B_aves > 410
- + B_anfibios > 420
- + B_mamiferos > 430
- + B_Papilas > 440
- + B_Crustaceos > 450
- + B_Moluscos > 460
- + B_Artrópodos > 470
- + B_Cardínios > 480
- + B_Silurus > 490
- + B_Osteicos > 480-1

B_aves>410
B_anfibios>420
B_mamiferos>430
B_Papilas>440
B_Crustaceos>450
B_Moluscos>460
B_Artrópodos>470
B_Cardínios>480
B_Silurus >490
B_Osteicos >480-1

Generales:
B_Salida

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

GUIÓN DEL LABORATORIO

COMPARACIÓN DE PO₂ AMBIENTAL EN SILURUS, ANODONTA Y CARCINUS.

(310)

Introducción y Variables (311)

En este experimento se comparará tres especies de tres diferentes Phyla en cuanto a los valores de:

- Presión parcial de oxígeno arterial PaO₂

Se determinará distribución y modas de la PaO₂ de muestras obtenidas en condiciones de reposo temperatura, pH y composición del agua constantes de las siguientes especies:

CRUSTACEO: Carcinus maens

TELESOTEO: Silurus glanis

MOLUSCO: Anodonta Cygnea

NOTA

El experimento que realizarás se basa en las condiciones reales de laboratorio, pero a partir de estos datos el simulador te dará resultados únicos y originales, por lo que es muy importante que los analices con cuidado y que llegues a tus propias conclusiones.

Protocolo (312)

En este experimento elegiste tres especies que en primer lugar tienen habitats diferentes:

Silurus glanis (agua dulce)

Silurus glanis

Es un pez nocturno que vive en lagos. Es el mayor de los depredadores de agua dulce, le gustan las aguas calidas y profundas. En México se encuentra en ambientes lagunares estuarinos del Golfo de México y Mar Caribe

8. GUÍÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

Se alimenta de otros peces, ranas y a veces de plancton. Alcanza hasta los 5 metros y llegan a pesar hasta 350 kilogramos.

Durante el día descansa en oquedades o debajo de piedras.

Durante su hábitat nativo (mayo-julio), pone miles de huevos cuyo crecimiento es muy rápido en una hoyo excavado por el macho. Estos llegan a su madurez sexual entre los 4 y 5 años de edad y viven más de 30 años.

COLECTA

El muestreo será de organismos adultos durante el verano

ACLIMATACIÓN

Los ejemplares de *Silurus glanis* que se usan para la experimentación son criados en cautiverio. Al trasladarlos a las condiciones de laboratorio, deben ser aclimatados por al menos dos meses. Durante los cuales deben tener condiciones constantes de alimentación, un ritmo natural de luz y estar en estanques especiales en donde no puedan ver al experimentador.

COMPOSICION ESTANDAR DEL AGUA

Durante el mantenimiento y los períodos de experimentación, los animales estuvieron en una composición estándar de agua (composición iónica de Strasbourg) a una $T = 13^{\circ}\text{C}$,

$P_{\text{CO}_2} = 0.1 \text{ Kpa}$;

$\text{pH} = 8.3 - 8.4$;

$P_{\text{O}_2} = 20 \text{ kpa}$..

DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE OXÍGENO

Para determinar el consumo de oxígeno (Mo_2) se utiliza un respirómetro de flujo abierto con un volumen de 1300 ml. Con este instrumento uno puede conocer la presión parcial con que el oxígeno entra a la pecera experimental y con cuál sale.

Ecuación para el cálculo del consumo de oxígeno

$$\text{Mo}_2 = V_r \cdot \alpha \omega_2 (P_{\text{IO}_2} - P_{\text{O}_2})$$

Mo_2 = Consumo de oxígeno ($\text{mmol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FM}$)

V_r = tasa de flujo a través del respirómetro ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)

$\alpha \omega_2$ = coeficiente de solubilidad del oxígeno ($15.08 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$);

P_{IO_2} = P_{O_2} en el agua que entra al respirómetro (kPa)

P_{O_2} = P_{O_2} del agua que sale del respirómetro

Astacus leptodactylus

Las condiciones ambientales varían según la especie.

6. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

En general son animales de agua dulce (rica en sales cálcicas), pH óptimo: 7 - 9. Necesidades de oxígeno: superiores a 5.5 mg/l.. Prefieren los lugares oscuros y de densa vegetación. Algunas poblaciones naturales realizan migraciones anuales.

La madurez sexual de las hembras aparece en el 4º año de vida. La madurez sexual de los machos en el 3º año de vida. El apareamiento ocurre en primavera u otoño.

MUDA:

A los 5 - 15 días de la eclosión efectúan la 1ª muda. Durante el primer verano de vida tienen 4 -6 mudas. En el 2º año de vida mudan 5 veces. Los machos tienen 2 mudas anuales y las hembras fecundadas 1.

COLECTA

PREPARACIÓN

Cinco días antes de iniciar el experimento, los organismos capturados son equipados para el muestreo sanguíneo. **Para esto abrirás un hoyo en el caparazón hasta el corazón dejándoles una pequeña cutícula. Posteriormente lo cerrarás con un poco de goma.**

Tendrás cuidado de no molestar a los animales durante 5 días para que logren acondicionarse.

ACLIMATACIÓN

Fueron colectados machos adultos para someterlos a experimentación.

Tendrás cuidado de no molestar a los animales durante 5 días para que logren acondicionarse, durante los cuales deben tener condiciones constantes de alimentación, un ritmo natural de luz y estar en estanques especiales en donde no puedan ver al experimentador.

COMPOSICION ESTANDAR DEL AGUA

Durante el mantenimiento y los periodos de experimentación, los animales estuvieron en una composición estándar de agua (composición iónica de Strasbourg) a una

T = 13°C,

Pco2 = 0.1 Kpa ;

pH = 8.3 - 8.4 ;

Po2 = 20 kpa..

DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE OXÍGENO

Para determinar el consumo de oxígeno (Mo2) se utiliza un respirómetro de flujo abierto con un volumen de 1300 ml. Con este instrumento uno puede conocer la presión parcial con que el oxígeno entra a la pecera experimental y con cuál sale.

Ecuación para el cálculo del consumo de oxígeno

$Mo_2 = Vr \cdot awo_2(Pio_2 - P0o_2)$

Mo2 = Consumo de oxígeno (mmol . h-1.g-1 FM)

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

V_r = tasa de flujo a través del respirómetro ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)

α_{O_2} = coeficiente de solubilidad del oxígeno ($15.08 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$);

P_{IO_2} = P_{O_2} en el agua que entra al respirómetro (kPa)

P_{DO_2} = P_{O_2} del agua que sale del respirómetro

Para prepararlos para el muestreo abrirán un hoyo en el caparazón hasta el corazón dejándoles una pequeña cutícula. Posteriormente lo cerrará con un poco de goma. Invasiva

El experimento consiste (en menos de 30 segundos) en remover un individuo del agua sin molestar a los otros animales (sin inducir comportamiento de escape). Pinchar la membrana de goma con un capilar equipado con una aguja y coleccionar sangre arterial ($180 \mu\text{L}$). Esta técnica ha sido extensamente probada en Iorgue et al 1992 y se considera que obtiene valores in vivo reales comparados con los obtenidos previamente con técnicas extra corporales (Masabuu y Burtin, 1984, Iorgue et al 1989). Todas las muestras se tomarán entre las 10 y las 18 horas. Cada individuo se muestreará solo una vez. Los valores de P_{aO_2} se determinarán antes de 3 min del muestreo por medio de un radiómetro polarográfico.

Ahora oprime el botón continuar y el simulador te facilitará el trabajo. Cada vez que oprimas el botón de muestreo estarán midiendo la P_{aO_2} de un individuo el cual aparecerá automáticamente en las gráficas de frecuencia. Tú decides el número de individuos que quieres muestrear de cada especie.

Anodonta cygnea (agua dulce) y *carcinus maens* (marino) *Anodonta* en invierno y *Carcinus* en otoño.

Exceptuando a *A. cygnea* la cual no tiene pigmento respiratorio, las otras dos especies tienen una diferente concentración de pigmento en la sangre y diferente afinidad de este al oxígeno.

Frecuencias de P_{aO_2} (313)

Las gráficas que se irán formando con tus resultados mostrarás la distribución de frecuencias de presión parcial de O_2 arterial, P_{aO_2} en tres especies de animales acuáticos en reposo.

(P_{O_2} inspirada = 20-21 kPa, P_{CO_2} inspirada = 0.1 kPa, $T = 15^\circ\text{C}$)

Análisis de Resultados (314)

Los valores de P_{aO_2} se mantuvieron en el rango de 1 – 3 kPa a pesar de las diferencias de la afinidad de la sangre al oxígeno, incluso en *A. cygnea*, la cual no tiene pigmento respiratorio y tiene un consumo de oxígeno 10 veces menor.

Tampoco importó la especie o el Phyla, origen marino o de agua dulce, estación, organización del sistema respiratorio (tipo de branquias, bomba ventilatoria, sistema

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

circulatorio abierto vs. cerrado), presencia o ausencia de pigmento respiratorio y cuando esta presente, concentración de pigmento respiratorio y afinidad de este al oxígeno.

Es probable que hayas obtenido algunos valores altos de P_{aO_2} ; estos son explicados por Massabuau (2001) por su relación con cierta regulación de sus bioritmos, sin embargo la distribución y modas de P_{aO_2} son similares en los tres phyla.

Conclusiones (315)

CONCLUSIONES

De acuerdo a tus resultados...

¿Crees que en organismos acuáticos en reposo la P_{O_2} interna (arterial) es determinada en cada especie por su afinidad de la sangre al oxígeno?

¿Al graficar la distribución de frecuencias, se observó que es aleatoria?

¿Los organismos que usan el sistema ventilador simultáneamente para alimentarse, obtienen menos oxígeno del medio y por ende sus presiones parciales de oxígeno arterial son menores?

¿Los organismos con metabolismos más acelerados como *Silurus* tienen una mayor presión parcial de oxígeno arterial durante el reposo que otros (p.e. las almejas)?

¿La distribución de frecuencias de P_{aO_2} se encuentra principalmente dentro de un rango de 1 -3kPa?

COMO AFECTA LA VARIACIÓN DE LA P_{O_2} AMBIENTAL A LA P_{O_2} ARTERIAL(320)

Introducción y Variables (321)

En este experimento se conocerás el efecto del cambio en la P_{O_2} del agua sobre las siguientes variables: _

- * Consumo de oxígeno M_{O_2}
- * Presión parcial de oxígeno arterial y venosa P_{aO_2} y P_{vO_2}
- * Tasa de flujo ventilatorio por unidad de masa corporal _ V_w

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

Se usarán tres animales acuáticos con fisiologías diferentes, serán expuestos a diferentes valores de PO_2 en un rango de 2 a 40 kPa, con condiciones constantes de reposo, temperatura, pH y composición del agua.

CRUSTACEO: Astacus leptodactylus

TELESOTEO: Silurus glanis

MOLUSCO: Corbicula fluminea

Nota

El experimento que realizarás se basa en las condiciones reales de laboratorio, pero a partir de estos datos el simulador te dará resultados únicos y originales, por lo que es muy importante que los analices con cuidado y que llegues a tus propias conclusiones.

Protocolo Consumo de Oxígeno (322)

Existen condiciones básicas para la realización de estos experimentos:

- * Los organismos fueron aclimatados por largos periodos (al menos tres semanas)
- * Se utilizaron sistemas antivibratorios
- * Se utilizaron respirómetros de flujo abierto para poder medir la composición de gases disueltos del agua que entra y la que sale del mismo.
- * Para introducir una composición homogénea y controlada de gases disueltos en agua, se utiliza un rotámetro
- * Cada animal fue expuesto a tres diferentes Po_2 del agua durante 24 hrs. para permitir la aclimatación.
- La Po_2 se mide con un radiómetro polarográfico.

En la primera parte del experimento obtendrás las mediciones del oxígeno espirado. Esto se hace colocando un catéter cercano a las branquias, en donde sale el agua después de haber ventilado (en el caso de *Silurus* y *Astacus*) y con el respirómetro de flujo abierto (en el caso de *Corbicula*). El simulador aplica el principio de Fick para calcular el consumo de oxígeno M_{O_2}

$$M_{O_2} = V_f \cdot \dot{a} \cdot O_2 (P_{IO_2} - P_{EO_2})$$

de modo que cada vez que tomes muestras de un organismo te dará datos directos sobre el consumo de oxígeno.

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

Estos datos te aparecerán en la pantalla del radiómetro y tu tendrás que escribir estos resultados en la parte de la tabla que corresponda de acuerdo a la P_{O_2} inspirada, la especie y el número de muestreo.

Cuando hayas completado el número de muestreos para cada especie en los tres rangos de P_{O_2} inspirada ($P_{I_{O_2}}$) la cual controlas con la barra deslizante, te saldrán automáticamente los promedios y podrás ver las gráficas de estos.

Analiza la información y continúa

Las tablas y gráficas que hayas hecho en este experimento, estarán a tu disposición al final en el análisis de resultados.

Suerte.

Protocolo Oxigenación de la Sangre (323)

En esta segunda parte del experimento, utilizas el protocolo de exposición previa a tres P_{O_2} del agua (la $P_{I_{O_2}}$) descrito anteriormente.

La medición de la $P_{a_{O_2}}$ en la almeja corbicula se hace directamente en el corazón. La sangre arterial en el pez *Silurus* y el langostino *Astacus* es muestreada por medio de un catéter implantado en la aorta caudal.

Después de un período de recuperación de 7 a 10 días la $P_{a_{O_2}}$ es medida.

de modo que cada vez que tomes muestras de un organismo te dará datos directos sobre la presión parcial de oxígeno arterial.

Estos datos te aparecerán en la pantalla del radiómetro y automáticamente se colocarán en la parte de la tabla que corresponda de acuerdo a la P_{O_2} inspirada, la especie y el número de muestreo.

Cuando hayas completado el número de muestreos para cada especie en los tres rangos de P_{O_2} inspirada ($P_{I_{O_2}}$) la cual controlas con la barra deslizante, te saldrán automáticamente los promedios y podrás ver las gráficas de estos.

Analiza la información y continúa..

Las tablas y gráficas que hayas hecho en este experimento, estarán a tu disposición al final en el análisis de resultados.

Suerte.

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

Protocolo Tasa Ventilatoria (324)

En la tercera y última parte del protocolo experimental, se mide la tasa ventilatoria (vW) para determinar que tanto varía de acuerdo a la P_{O_2} del agua.

Dado que la almeja corbicula es un organismo filtrador (al ventilar, retiene parte del alimento del agua para su consumo), la cantidad de alga que filtre es proporcional a su tasa ventilatoria, por lo que la determinación de la vW se hace por un método indirecto midiendo la cantidad de alga consumida por unidad de tiempo en un sistema cerrado. La densidad de alga se saca con un espectrofotómetro de densidad óptica. La ecuación de Jørgensen se usa entonces para calcular la vW :

$$vW = V \frac{[\ln(d_0) - \ln(d_f)]}{(tM)} - V \frac{[\ln(d_0') - \ln(d_f')]}{(tM)}$$

Para el caso de *Silurus* y *Astacus* se utiliza el principio de Fick para calcular la vW :

$$M_{O_2} = vW \cdot \dot{a}_{O_2} (P_{I_{O_2}} - P_{E_{O_2}})$$

Los resultados para *astacus* los calculará el sistema de acuerdo a los valores que obtuviste en la tabla 1, pero para *Silurus* tú tendrás que calcular la vW con la M_{O_2} obtenida en la primera parte del experimento y los datos de la presión parcial de oxígeno espirada ($P_{E_{O_2}}$) que obtendrás en la tabla 3.

El sistema es igual que en las partes anteriores, debes llenar las tablas y podrás ver promedios y gráficas.

Si tienes dudas para calcular la vW de *silurus*, oprime el signo de interrogación que se encuentra en la parte superior de la tabla de esta especie, y un ejemplo te ayudará a resolverlo.

Analiza la información y continúa.

Suerte,

—

Análisis de Resultados M_{O_2} (325-A)

Esta gráfica demuestra la habilidad de mantener el consumo de oxígeno M_{O_2} constante en el rango de 4 a 40 kPa de P_{O_2} del agua. Esto se observa para los tres organismos con fisiologías diferentes, lo cual marca una homeostasis interna en términos de O_2 .

—

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

Análisis de Resultados PaO₂ (325-B)

No se observa un cambio significativo en la PaO₂ (presión parcial de oxígeno arterial) en el rango de 4 a 40 kpa.

El mantenimiento de su PaO₂ se observa en las tres especies independientemente de si tienen pigmento o no.

El rango de PaO₂ se mantuvo de 2 a 4 kPa en las tres especies, lo que puede apuntar hacia un principio de una baja presión parcial de oxígeno interna en moluscos, crustáceos y teleosteos en reposo sin importar la Po₂ del medio.

Análisis de Resultados vW (325-C)

Si comparas el nivel de la tasa ventilatoria mientras aumenta la Po₂ del medio, observarás que tienen una relación inversamente proporcional.

A un nivel de Po₂ de 4 kpa en agua, la tasa ventilatoria normalmente es 10 veces mayor que en hiperoxia a 40 kpa.

En reposo y previamente aclimatados, los organismos estudiados lograron ajustar la tasa ventilatoria como un mecanismo para mantener la homeostasis de O₂ en el medio interno, logrando mantener sus niveles de oxígeno constantes (en un rango de entre 2 y 40 kpa de Po₂ del agua).

Esta estrategia aparece como una propiedad básica de la fisiología respiratoria en organismos acuáticos en reposo, incluso si estos utilizan la ventilación para respirar y alimentarse como en el caso de la almeja *Corbicula*.

Conclusiones (326)

CONCLUSIONES

De acuerdo a tus resultados...

¿Crees que en organismos en reposo la Po₂ interna (arterial y venosa) es influida notablemente por los cambios de la Po₂ del medio?

¿La tasa ventilatoria en función de la Po₂ del medio es directamente proporcional?

¿La tasa ventilatoria en función de la Po₂ del medio es inversamente proporcional?

¿El consumo de oxígeno aumentaba conforme disminuía la Po₂ ambiental?

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

COMO AFECTA LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL A LA PO2 ARTERIAL

(330)

Introducción y Variables (331)

En este experimento se comparará una especie de cangrejo in situ y a un langostino y un pez en condiciones de laboratorio. Se busca encontrar el efecto de la temperatura en la:

Presión Parcial de Oxígeno Arterial PaO₂

Los parámetros fijos serán:

Presión parcial de O₂ inspirado (P_IO₂) = 18-22 kpa;

Presión parcial de CO₂ inspirado (P_ICO₂) = 0.03-0.06 kpa;

pH= 7.9 - 8.3. L

CRUSTACEOS: Carcinus maens

Astacus leptodactylus

TELESOTEO: Cyprinus carpio

Nota

El experimento que realizarás se basa en las condiciones reales de campo y laboratorio, pero a partir de estos datos el simulador te darán resultados únicos y originales, por lo que es muy importante que los analices con cuidado y que llegues a tus propias conclusiones.

Protocolo (332)

En este experimento estudiarás el estatus del oxígeno en sangre a diferentes temperaturas de las siguientes especies:

Carcinus maens, *Astacus leptodactylus* y *Cyprinus carpio*.

Los experimentos los harás a una temperatura de 10, 15 y 20° (Octubre, Mayo y junio respectivamente) en *C. maens* capturados in situ.

A 10° y 25° en *C. carpio* en condiciones de laboratorio.

A 10° y 20° C en *A. leptodactylus* en laboratorio.

también Harás un experimento control en el laboratorio con *C. maens* a 15°C.

Para el muestreo de sangre de *Astacus* y *carcinus* se preparó a los organismos haciendo un pequeño agujero en el caparazón hasta el corazón, dejando una delgada cutícula y sellado con goma para poderles introducir un capilar con aguja directamente en el corazón.

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

En el caso de *Cyprinus*, se inserta un catéter en la aorta caudal para la toma de muestras.

Efecto de la temperatura en la PaO₂ (333)

Instrucciones

Oprime las flechas correspondientes a cada gráfica para realizar un muestreo. Cada vez que oprimas irás aumentando una para cada condición.

Decide libremente, pero obtén datos suficientes para poder hacer una comparación entre tus resultados.

Las gráficas que se irán formando corresponden a cuantos resultados caen en cada rango. Es decir, cada barra es un rango (de 1-2, 2-3, etc. kpa). Los resultados que van saliendo de tus muestreos se grafican como frecuencia para cada rango.

El eje X corresponde a la P_{O₂} arterial.

El eje Y corresponde a la frecuencia con la que los valores de PaO₂ caen dentro de determinado rango.

Análisis de Resultados (334)

¿Cómo se modifica la P_{O₂} arterial al cambiar el metabolismo de estos poiquilothermos debido a un cambio en la temperatura?

En el caso de *Carcinus maens*, cuya experimentación se hizo en campo, es claro que los valores caen principalmente en el rango de 1- 3 kPa independientemente de la temperatura. Lo mismo ocurre en el caso de *Astacus Leptodactylus* aunque la experimentación se hizo en laboratorio. En el caso de *Cyprinus carpio* también se encuentra una tendencia hacia la baja presión parcial de oxígeno arterial aunque existe mayor varianza, debido quizá al estrés por el manejo en laboratorio y el sistema de muestreo.

La PaO₂ en bajos niveles aparece entonces como un valor regulado en diversos organismos acuáticos.

Para explicar como el flujo de oxígeno puede variar a nivel celular cuando el consumo de oxígeno se incrementa con un aumento de la temperatura, debe tenerse en mente que una vez que hay una gran reserva de O₂ en el medio extracelular, la tasa de transferencia del medio extra-celular al intra-celular depende de la conductancia difusiva y la diferencia de P_{O₂} a través de la membrana (primera Ley de Fick). A una P_{O₂} constante a nivel arterial y venoso, una disminución en la P_{O₂} intracelular como consecuencia del aumento de la demanda mitocondrial, genera cambios en el influjo de oxígeno.

De este modo las células pueden satisfacer sus demandas cambiantes de O₂ a diferentes temperaturas con una baja PaO₂.

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

Conclusiones (335)

CONCLUSIONES

De acuerdo a tus resultados...

¿*Cyprinus* fue la especie en donde encontraste menor varianza en los valores de PAO₂ medidos?

¿*Astacus* fue la especie en donde encontraste menor varianza en los valores de PAO₂ medidos?

¿En *Carcinus* existe una diferencia significativa entre los resultados de Pao₂ a 10°C comparándolos con los de 20°C?

¿Una disminución en la Po₂ intracelular como consecuencia del aumento de la demanda mitocondrial, genera cambios en el flujo de oxígeno?

COMO AFECTA EL ESTRESS LA PO₂ ARTERIAL DE ANIMALES ACUATICOS

(340)

Introducción y Variables (341)

En este experimento se compararán mediciones de Po₂ arterial de organismos en condiciones de campo y laboratorio (como un factor de estrés) a través del tiempo.

Presión Parcial de O₂ arterial PaO₂

Los especímenes se capturarán y se llevarán al laboratorio en donde se estará monitoreando su PaO₂, posteriormente un grupo de este mismo stock será regresado a su hábitat y continuará el monitoreo de ambos grupo durante nueve días. La especie elegida es el:

CRUSTACEO : *Carcinus maens*

Nota

El experimento que realizarás se basa en las condiciones reales de campo y laboratorio, pero a partir de estos datos el simulador te dará resultados únicos y originales, por lo que es muy importante que los analices con cuidado y que llegues a tus propias conclusiones.

Protocolo (342)

En este experimento estudiarás la relación entre el estrés y la PO₂ arterial en *Carcinus maens*.

Atraparás al número de cangrejos que tu decidas en el día 0, posteriormente los transferirás al laboratorio en el día 1.

En el día 5 regresarás a un grupo a su hábitat.

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

El día 6 tomarás las muestras de su PaO₂.

Un segundo grupo será transferido en el día 8 y el día 9 se tomarán muestras de PaO₂.

El grupo control que queda en el laboratorio será muestreado repetidamente desde el inicio hasta el día 9.

Para el muestreo de sangre se preparó en cada espécimen un pequeño agujero en el caparazón hasta el corazón, dejando una delgada cutícula y sellado con goma para poderles introducir un capilar con aguja directamente en el corazón.

Cuando esta técnica se usa, la sangre entra al capilar espontáneamente por la presión sanguínea.

Durante este proceso cada latido del corazón se puede ver perfectamente.

Cada muestreo debe hacerse en menos de 40 s.

Efectos del estrés en la PaO₂ (343)

¿Cuántos cangrejos quieres atrapar para tu experimento?

Ahora tus () cangrejos los trasladaste al laboratorio y en el día 1 les tomarás muestras de PaO₂ y generarás la siguiente gráfica de frecuencias...

Escoge cuantos cangrejos trasladarás al campo (el número debe ser menor al total de cangrejos y recuerda que todavía tendrás que sacar otro grupo el día 8).

El día 5 tomaste () cangrejos y los regresaste al campo, en el laboratorio permanecieron () cangrejos. El día 6 tomaste las muestras de PaO₂ con las cuales integras las siguientes gráficas.

Escoge cuantos cangrejos trasladarás al campo (el número debe ser menor al total de cangrejos)

Al día 9 tomas muestras del grupo de cangrejos trasladados al campo el día anterior () y el grupo de cangrejos que queda en el laboratorio () y tendrás las últimas gráficas de frecuencia de PaO₂ de tu experimento.

Análisis de Resultados (344)

Instrucciones

Este es el resumen de las gráficas que muestran la evolución en la Presión parcial de O₂ arterial (PaO₂) de *Carcinus maens*. Los ejemplares fueron transferidos de su hábitat marino al laboratorio y viceversa.

8. GUIÓN DE LOS SIMULADORES EXPERIMENTALES

En tus gráficas se observa que al transferir a los cangrejos al laboratorio la variabilidad de la PaO₂ aumenta drásticamente y va reduciéndose en función de los días de aclimatación y los valores se van acercando hacia los bajos niveles de PAO₂.

Al regresar a su hábitat a un grupo muestra el día 5 y tomar las muestras el día 6, se observó que la mayoría de los valores aparecen en los niveles más bajos de la distribución de frecuencias.

En el grupo transferido el día 8 y muestreado el 9, se confirma que las frecuencias más comunes están entre los 2 y los 3 kPa.

Por lo tanto:

- 1) la existencia de una alta o baja PaO₂ depende de los eventos de estrés.
- 2) In situ, *C. maens* vive a niveles bajos de PaO₂ de 2-3 kPa como un estado fisiológico normal.

Conclusiones (345)

CONCLUSIONES

De acuerdo a tus resultados...

¿Tu experimento demuestra que *C. maens* en condiciones de normoxia, viven en su hábitat con una baja PaO₂. La mayoría del tiempo en el rango de 2 - 3 kPa.?

¿Los valores de PaO₂ entre el campo y el laboratorio(sin aclimatación), son estadísticamente iguales.?

¿Las condiciones de estrés determinan la aparición de valores altos de PaO₂?

¿Es claro que la frecuencia de altos valores de PaO₂ es más común justo después de la transferencia al laboratorio?

9. TABLA DE TAREAS



El usuario debe poner su nombre
y apellidos para que el
programa lo registre o se va
Ha entrado antes, que estroga
Son a través de la base de
Datos



El usuario puede acceder a las
Páginas de antecedentes
Utilizando las flechas o
Dando click en el tema
También puede ver el video
La guía o empezar el programa



El usuario puede pasar
Revisar y controlar el video
En la barra
También cerrar y volver



El usuario solo es un espectador
Es un tutorial en quick time de
Las partes del programa y cómo
Utilizarlas

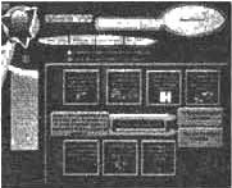
9. TABLA DE TAREAS



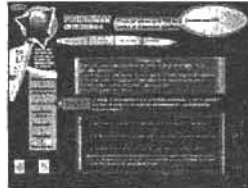
En el menú de ayuda, puede
Leer los temas que le
Interesen. Estos desplegarán
Subtemas y al dar click podrá
Ver un video de como utilizar
Esa parte



El gestor le permite al usuario
Buscar en orden alfabético
Al dar click, en el término
Se desplegará la definición

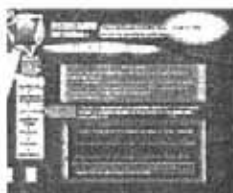


El menú general es el mapa
Que indica los sub-problemas
Para resolver el PG. El usuario
Puede acceder a los SubP dando
Click en los recuadros naranjas
También tiene disponibles el menú
principal y las herramientas



Esta es una de las pantallas del SP4
Aquí el usuario deberá resolver
Un cuestionario, avanzar con
Flechas o dando click sobre los
Temas. Todos los menús están
activos

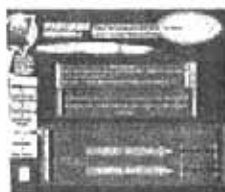
9. TABLA DE TAREAS





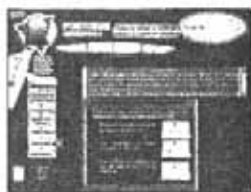
Para la que se indica al usuario
la posibilidad de ir a la abstracción
Virtual

Continuar en el SP



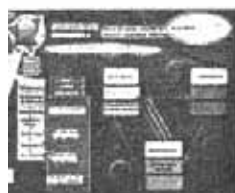
El usuario decide cual es su
respuesta

¿Hasta cual en la oper
Una pregunta



Es una tabla predictiva
El usuario puede de leer
Si la variable que se le
Pregunta, muestra
Desempeño o cualquier
cambio

9. TABLA DE TAREAS



El usuario al entrar que el programa
 y puede elegir los programas
 de los que se presta el servicio.



que en el menú de biblioteca
 el usuario puede elegir entre los
 libros disponibles.



En el sistema el usuario
 puede entrar en los libros de
 los que se presta el servicio
 y puede que le muestre



En el sistema el usuario
 puede elegir
 entre los programas disponibles

9. TABLA DE TAREAS



Esta es un ejemplo de un simulador en donde se
pueden definir las variables
dentro el tiempo de ejecución



Esta es la introducción de un experimento
de definir las variables
con un gráfico a trabajar.
El usuario puede avanzar desde el
en los temas siguientes



Esta es una simulación de temperatura
El usuario puede elegir un que
operación puede. Puede controlar
la temperatura
También muestra graficar los
resultados o ejecutar
de una vez más



Este es un ejemplo de pantalla en el
botón
El usuario se mueve con flechas o
dentro de los temas
Para observar resultados
registrados sobre el
Experimento que eligió

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

1 Pigmentos respiratorios

Objetivo General:

Que el alumno describa las características fisiológicas de los pigmentos respiratorios y la regulación de la afinidad de hemoglobina a O₂.

Objetivos Particulares

1.1 Identificará los compartimentos líquidos del cuerpo

PREGUNTA 1

¿En qué organismos se presenta el hemocel?

- a) Poríferos
- b) Celenterados
- c) Vertebrados
- d) Anélidos
- e) Artrópodos

PREGUNTA 2

¿Cuál es el compartimiento líquido que se presenta en los ctenóforos?

- a) Hemocele
- b) Blastocoele
- c) Celoma
- d) Cavidad primaria
- e) Espongocele

1.2 Distinguirá cada uno de los elementos que componen a la Hemoglobina

PREGUNTA 3

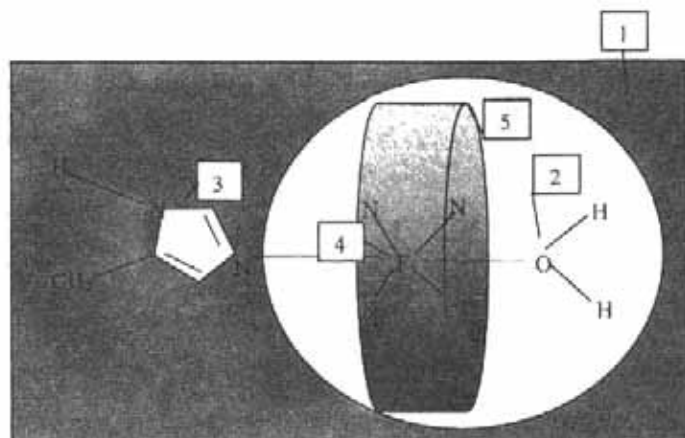
Del modelo de hemoglobina que se te presenta a continuación, ¿cuál de sus componentes es el grupo hemo?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

PREGUNTA 4

¿Qué molécula representa la estructura número uno?

- a) Globina
- b) Fe
- c) Porfirina
- d) Histidina
- e) Nitrógenos del grupo hemo



10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

1.3 Describirá las diferencias entre Hb a lo largo de la escala filogenética

PREGUNTA 5

¿La presencia de hemoglobina es una característica bioquímica monofilética de la mayoría de:

- a) Los invertebrados
- b) Los vertebrados
- c) Los ctenóforos
- d) Los lamelibranquios
- e) Los artrópodos

PREGUNTA 6

Marca la respuesta que indica una característica de las hemoglobinas que se encuentran en fluidos extracelulares

- a) No se encuentra en dilución
- b) Mayor cantidad de histidina y lisina
- c) Alta capacidad de empacamiento
- d) Alto peso molecular
- e) Alta capacidad de transporte de oxígeno

PREGUNTA 7

¿Dónde encontrarías una hemoglobina de bajo peso molecular?:

- a) En un tejido
- b) En un órgano
- c) En la hemolinfa
- d) En dilución sanguínea
- e) En las gongonias

PREGUNTA 8

¿En cuál de los siguientes organismos esperarías encontrar hemoglobina diluida en la sangre?

- a) Toro
- b) Unicornio
- c) Teleosteo
- d) Insecto
- e) Anfibio

PREGUNTA 9

¿En cuál de los siguientes organismos esperarías encontrar hemoglobina de alta capacidad de transporte de oxígeno?

- a) Mamífero
- b) crustáceo
- c) molusco
- d) Insecto
- e) Anélidos

1.4 Identificará algunos pigmentos respiratorios

PREGUNTA 10

El siguiente es un pigmento respiratorio:

- a) Heritropoyetina
- b) Globulina
- c) Porfirina
- d) Hemocianina
- e) Globina

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

PREGUNTA 11

La Eritrocirina se encuentra en los siguientes organismos

- a) Anélidos
- b) Roedores
- c) Sipuncúlidos
- d) Artrópodos
- e) Moluscos

1.5 Comparará las diferencias fisiológicas de los pigmentos

PREGUNTA 12

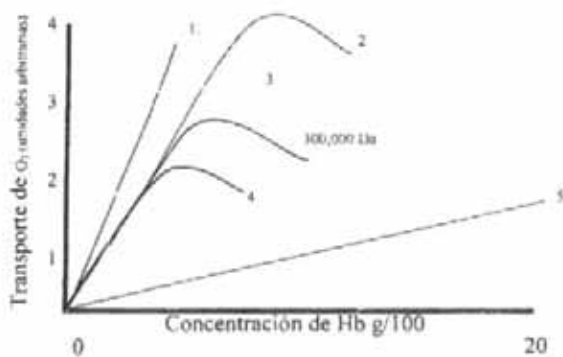
¿Cuál de las siguientes curvas representaría la capacidad de transporte de una hemoglobina con peso molecular de 68,000 Da?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

PREGUNTA 13

¿Cuál de las siguientes curvas representaría la capacidad de transporte de una hemoglobina con peso molecular de 1,000,000 Da.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5



(Modificado de Farjál, 1998)

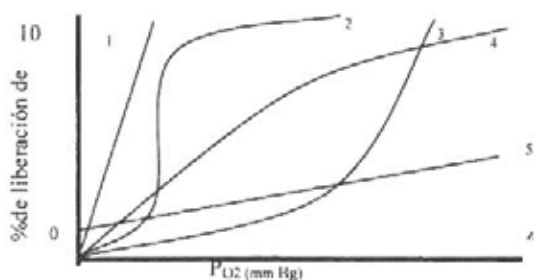
10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

1.6 Analizará la ecuación de Hill

PREGUNTA 14 *****

De acuerdo a la ecuación de Hill ($y=100 kx^n / 1+kx^n$) ¿Cuál de las siguientes curvas tendrán un valor de $n > 1$

De acuerdo a la ecuación de Hill ($y=100 kx^n / 1+kx^n$) ¿Cuál de las siguientes curvas tendrán un valor de $n=1$



1.7 Mencionará factores que reducen la afinidad de la Hb por el Oxígeno

PREGUNTA 15 *****

¿Qué factor reduce la afinidad de la hemoglobina al oxígeno?

- a) Aumento de P_{O_2}
- b) Aumento del pH
- c) Disminución de CO_2
- d) Aumento en la P_{O_2}
- e) Disminución de la temperatura

1.8 Explicará el efecto de las presiones parciales en la difusión de los gases a nivel celular

Del esquema 1, completa lo que se te pide:

PREGUNTA 16

Marca el nombre del gas que se está transfiriendo del alvéolo al capilar pulmonar

- a) CO_2
- b) O_2
- c) $COOH$
- d) HCO_3^+
- e) CH_2O_2

PREGUNTA 17

Del segundo esquema, pon el nombre que se está difundiendo del lado izquierdo

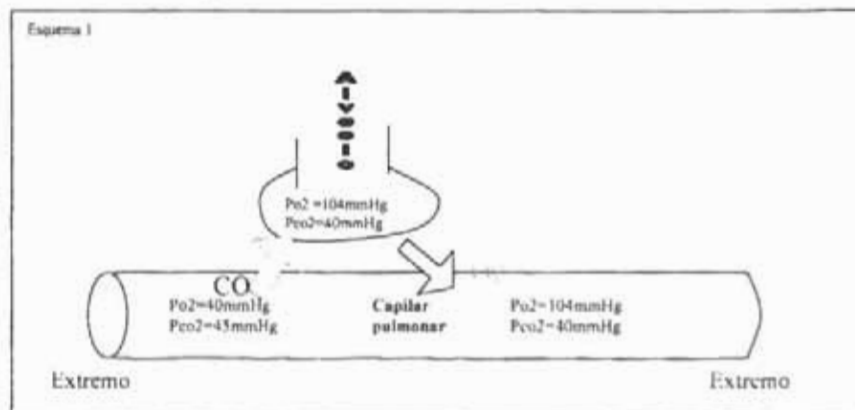
- f) CO_2
- g) O_2
- h) $COOH$
- i) HCO_3^+
- j) CH_2O_2

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

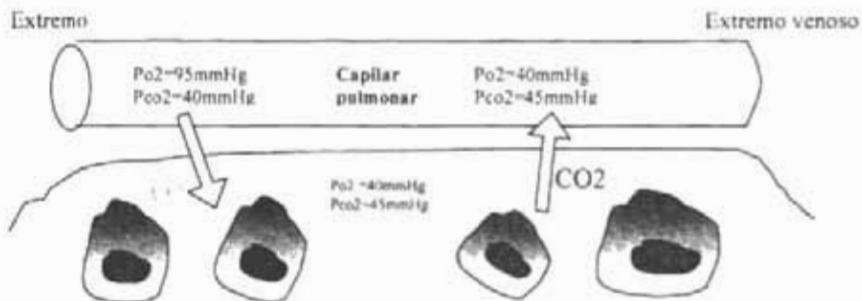
PREGUNTA 18

Supongamos que el capilar tiene una PCO_2 de 45 mmHg y una PO_2 de 40mmHg y en el tejido una PCO_2 de 40mmHg y una PO_2 de 95mmHg.

- a) El CO_2 saldría de los tejidos
- b) El CO_2 entraría a los tejidos
- c) El O_2 saldría de los tejidos
- d) El O_2 entraría a los tejidos
- e) No saldría ni entraría gas



Esquema 2



*Si sometemos a una solución de deoxihemoglobina a un aumento en la presión de oxígeno, la hemoglobina:

- a) no absorberá al oxígeno,
- b) lo absorberá hasta saturarse,
- c) lo seguirá absorbiendo mientras se mantenga esta presión.
- d) Lo absorberá de modo irreversible
- e) Queda irreversiblemente inactiva

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

1.9 Interpretará estrategias evolutivas

²Es una respuesta (a largo plazo) a cambios de ambientes con diferente P_{O_2} durante el desarrollo

- a) Tener una hemoglobina muy afín al oxígeno
- b) Ceder más oxígeno a los tejidos
- c) Aumento en el número de eritrocitos circulantes
- d) Modulación de eritropoyetina y la hormona tiroidea
- e) Cambios en la regulación neural de los volúmenes respiratorio y circulatorio

²De los siguientes enunciados, indica cual de estos no es una respuesta viable a un proceso de aclimatación

- a) Ceder más oxígeno a los tejidos
- b) Aumento en el número de eritrocitos circulantes
- c) Modulación de eritropoyetina y la hormona tiroidea
- d) Cambios en la regulación neural de los volúmenes respiratorio y circulatorio
- e) Cambio a una hemoglobina menos afín al oxígeno

²De los siguientes enunciados, elige cual de ellos es una respuesta a largo plazo

- a) Tener una hemoglobina muy afín al oxígeno
- b) Se cede más oxígeno a los tejidos
- c) Aumento en el número de eritrocitos circulantes
- d) Modulación de eritropoyetina y la hormona tiroidea
- e) Cambios en la regulación neural de los volúmenes respiratorio y circulatorio

1.95 Describirá la aclimatación de los mamíferos a diferentes alturas

²¿Qué pasa en los mamíferos cuando una reducción en la PO_2 del ambiente provoca una disminución de la PO_2 de la sangre?

- a) Se inhiben los quimiorreceptores aórticos pero se estimulan los carótidos
- b) Se disminuye la ventilación
- c) Se estimulan los quimiorreceptores de los cuerpos carótidos y aórticos
- d) Disminuye la eliminación de CO_2
- e) Ocurre una disminución en el pH

²El aumento en la ventilación del pulmón:

- a) Disminuye la pCO_2 de la sangre
- b) Se elimina menos CO_2
- c) Aumenta la pCO_2 en el (CSF)
- d) Disminuye la PO_2 de la sangre
- e) Produce una hipoxia interna

³Si un mamífero que normalmente vive a nivel del mar, se desplaza a un lugar con altura de 5000 m por encima del nivel del mar, y permanece por largo tiempo en esta atmósfera baja en el nivel de PO_2 , ¿Qué ocurre? Marca el inciso correcto:

- a) El pH de la sangre como pH_{CSF} regresa a niveles normales por medio de la excreción de bicarbonato
- b) El pH se mantiene en niveles altos
- c) Los quimiorreceptores se vuelven más sensibles al CO_2
- d) El efecto reflejo de la ventilación se detiene
- e) Se estimulan los quimiorreceptores de los cuerpos carótidos y aórticos

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

¹Escoge el inciso que tenga el flujo lógico de eventos:

- a) Reducción de la pO_2 del ambiente > disminución de la pO_2 de la sangre > estimulación de los quimiorreceptores > incremento de la ventilación > disminución de la pCO_2 de la sangre > disminución de la pCO_2 del CSF > Aumenta el pH
- b) Reducción de la pO_2 del ambiente > Estimulación de los quimiorreceptores de los cuerpos carótidos y aórticos > Disminución de la pO_2 de la sangre > Incremento de la ventilación > Disminución de la pCO_2 del CSF > Aumenta el pH > Disminución de la pCO_2 de la sangre
- c) Reducción de la pO_2 del ambiente > Estimulación de los quimiorreceptores de los cuerpos carótidos y aórticos > Incremento de la ventilación > Disminución de la pO_2 de la sangre > Aumenta el pH > Disminución de la pCO_2 del CSF > Disminución de la pCO_2 de la sangre
- d) Reducción en la pO_2 del ambiente > Aumenta el pH > disminución de la pO_2 de la sangre > estimulación de los quimiorreceptores > Incremento de la ventilación > Disminución de la pCO_2 de la sangre > Disminución de la pCO_2 del CSF
- e) Reducción de la pO_2 del ambiente > Incremento de la ventilación > Estimulación de los quimiorreceptores de los cuerpos carótidos y aórticos > Disminución de la pO_2 de la sangre > Aumenta el pH > Disminución de la pCO_2 de la sangre > Disminución de la pCO_2 del CSF

2 Transporte del CO_2

Objetivo General:

Describirá los diferentes modelos de transporte y excreción de CO_2 , así como los sistemas amortiguadores

Objetivos Particulares:

2.1 Distinguirá el coeficiente de solubilidad y comparará el coeficiente de solubilidad de Co_2 con el de O_2 .

¹¿Cuál de las siguientes aseveraciones son verdaderas?

- a) El coeficiente de solubilidad del O_2 es mayor que el del CO_2
- b) La cantidad de Co_2 que se disuelve en el agua dulce no depende de la presión parcial
- c) El agua de mar se satura a muy altas presiones
- d) La cantidad de Co_2 que se transporta en agua es suficiente para su excreción en la mayoría de los animales
- e) La sangre se satura rápidamente

2.2 Entenderá los sistemas amortiguadores

¹Que inciso menciona 2 moléculas o sistemas que amortiguan al ácido carbónico.

- a) Cromoproteínas y Anhidrasa carbónica
- b) Hemoglobina y Sistema bicarbonato
- c) Globina y Cromoproteínas
- d) Hemocianina y Carbamina
- e) Grupos NH_2 de las proteínas y porfirinas

²La cantidad de CO_2 transportado como HCO_3^- depende de la cantidad de iones H^+ que se producen. Si los iones hidrógeno se remueven rápidamente combiándose con los sistemas amortiguadores...

- a) La hemoglobina se disocia del oxígeno
- b) La disociación del ácido carbónico y el hidrógeno se lleva a cabo muy lentamente
- c) El pH de la sangre se cambia

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

- d) Se transfiere ácido entre los compartimentos extracelular e intracelular.
- e) Los grupos NH_2 de las proteínas de la sangre pueden formar uniones con CO_2

2.3 Comprenderá el papel de los quimiorreceptores centrales en la excreción del CO_2

¹¿Qué factor determina la tasa de transferencia de ácido entre el interior celular y el plasma de un eritrocito de mamíferos?

- a) Los grupos NH_2 de las proteínas de la sangre
- b) El sistema iónico de Cl^- a HCO_3^- mediada por proteínas de banda III
- c) el ciclo de bióxido de carbono
- d) el ciclo del bicarbonato
- e) Las uniones de CO_2 mediante una reacción enzimática

²¿Cómo opera el ciclo de Jacob-Stuart en un glóbulo rojo de mamífero?

- a) Interconvierte CO_2 a HCO_3^- en el fluido extracelular
- b) Forma uniones con CO_2 mediante una reacción enzimática
- c) Transporta ácido del plasma a *interior* celular
- d) Transfiere anhidrasa carbónica hacia el espacio extracelular
- e) Transfiere anhidrasa carbónica hacia el interior celular

2.4 Conocerá las diferencias del transporte de CO_2 en animales acuáticos y terrestres

¹Escoge el inciso que muestra una característica perteneciente a mamíferos terrestres:

- a) La sangre posee menores cantidades de bicarbonato
- b) Existe una gran eliminación del CO_2 al exterior via la ventilación
- c) Los quimiorreceptores son estimulados por un incremento de CO_2
- d) El medio permite una fácil eliminación de CO_2
- e) Los receptores sensitivos a H^+ localizados en la región del centro respiratorio medular, son estimulados por un alza del pH

²Es una característica perteneciente a animales acuáticos:

- a) El CO_2 incrementa la tasa de estimulación en los nervios aferentes
- b) Los quimiorreceptores son estimulados por un incremento de CO_2
- c) El medio permite una fácil eliminación de CO_2
- d) Los pequeños cambios de CO_2 afectan el pH del fluido cerebroespinal
- e) Los receptores sensitivos a H^+ localizados en la región del centro respiratorio medular, son estimulados por un alza del pH

2.5 Comprenderá las características de el efecto Haldane

²Señala la aseveraciones correcta acerca del efecto Haldane

- a) Esta reacción permite la mayor parte del transporte del CO_2 en los mamíferos.
- b) Mediante esta reacción se forma carbaminohemoglobina
- c) Es una reacción irreversible
- d) Es una reacción enzimática
- e) Se da en los grupos Hemo de las proteínas

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

²Mediante esta reacción el CO₂ es captado y liberado de la hemoglobina de una manera rápida.

- a) Efecto Bohr
- b) Ecuación de Hill
- c) Efecto Haldane
- d) Capacidad de carga de la hemoglobina
- e) carboxilación

2.6 Examinará la transferencia de CO₂ en la sangre al combinarse con grupos nitrato NH₂ y OH⁻

Completa o contesta lo que se te pide:

³La excreción de CO₂ está limitada por el nivel de intercambio entre bicarbonato y

- a) HCO₃⁻
- b) CO₂
- c) PH
- d) O₂
- e) H₂O

2.7 Relacionará la influencia de las proteínas de banda III en el transporte de CO₂ en los glóbulos rojos

²Escoge el inciso que determina una alta tasa de excreción de CO₂:

- a) menor superficie de contacto
- b) Baja concentración de proteína de Banda III
- c) Alta capacidad de la anhidrasa carbónica
- d) Bajo pH
- e) Alta presión de CO₂

²Mientras más grande sea el tamaño de los glóbulos rojos:

- a) Disminuye el nivel de difusión de CO₂
- b) Aumenta el nivel de difusión de CO₂
- c) Aumenta la capacidad de almacenar CO₂
- d) Baja la pCO₂ intracelular
- e) Existe mayor concentración de anhidrasa carbónica

²La tasa de intercambio aniónico:

- a) aumenta con la temperatura
- b) disminuye con la temperatura
- c) Es proporcional al aumento del pH
- d) Disminuye con la presencia de fosfatos
- e) Está mediada por la anhidrasa carbónica

³Si en la trucha el tamaño de los eritrocitos es mayor que en los humanos y además la tasa de intercambio aniónico es menor, la tendencia en este pez será a

- a) Disminuir la concentración de proteína de Banda III.
- b) Aumentar la temperatura corporal
- c) Disminuir la concentración de mitocondrias en las células
- d) Tener mayor concentración de proteína de banda III
- e) Aumentar los niveles de anhidrasa carbónica

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

3 Regulación del pH

Objetivo General:

Describirá los procesos que provocan variación en el PH, cómo se regulan y que efectos tienen sobre el cuerpo

Objetivos Particulares:

3.1 Relacionará las pK de las reacciones de CO₂ -Bicarbonato e Ion amonio - amoniaco en el PH de la sangre de vertebrados

¹La mayoría de las membranas celulares de los vertebrados son muy permeables a:

- a) HCO₃⁻
- b) NH₄⁺
- c) Porfirinas
- d) NH₃
- e) Hemoglobinas

²La mayoría de las membranas celulares son muy poco permeables a:

NH₃
CO₂
Iones Hidrógeno
⁺ H⁺
H₂O

³La mayoría del transporte de CO₂ ocurre como bicarbonato; el CO₂ y el agua reaccionan de la siguiente manera dentro del glóbulo rojo. Completar:



- a) HCO₃⁻
- b) H₂CO₃
- c) CH₂O₂
- d) H⁺ + HCO₃⁻
- e) COOH

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

3.2 Demostrará cómo los cambios en el pH alteran la disociación de ácidos débiles y por lo tanto la ionización de proteínas lo que resulta en un cambio en la presión osmótica

¹Escoge cual de los incisos describe el flujo lógico de eventos:

a)

1. Se afecta el equilibrio de Donnan
2. Se altera la disociación de ácidos débiles
3. Se influye en las características de la membrana
4. Se afecta la actividad enzimática y la agregación de subunidades
5. Se afecta la ionización de proteínas

b)

1. Cambia el Ph
2. Se altera la disociación de ácidos débiles
3. Se afecta la ionización de proteínas
4. Se afecta la actividad enzimática y la agregación de subunidades
5. Se influye en las características de la membrana

c)

1. Se afecta el equilibrio de Donnan
2. Cambia el Ph
3. Se afecta la ionización de proteínas
4. Se afecta la actividad enzimática y la agregación de subunidades
5. Se influye en las características de la membrana

d)

1. Se altera la disociación de ácidos débiles
2. Se afecta la actividad enzimática y la agregación de subunidades
3. Se afecta la ionización de proteínas
4. Se afecta el equilibrio de Donnan
5. Se influye en las características de la membrana

e)

1. Se afecta la ionización de proteínas
2. Se afecta la actividad enzimática y la agregación de subunidades
3. Se influye en las características de la membrana
4. Cambia el Ph
5. Se altera la disociación de ácidos débiles

3.3 Comparará diferentes modelos de excreción de ácido en organismos terrestres, anfibios y acuáticos.

¹Menciona cómo se da principalmente la excreción de ácido en la Anguila:

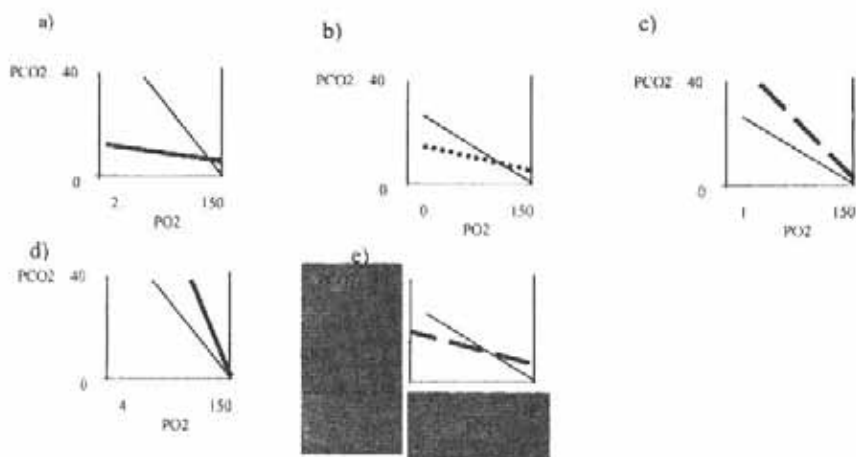
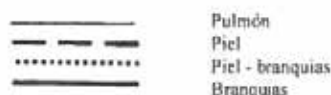
- a) Glomérulos
- b) Riñones
- c) Piel
- d) Branquias
- e) Nefridios

²Menciona cómo se da principalmente la excreción de ácido en una salamandra

- f) Glomérulos
- g) Riñones
- h) Piel
- i) Branquias
- j) Nefridios

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

⁴Las siguientes gráficas representan la tasa de intercambio gaseoso de vertebrados de agua fría. Qué inciso representa el intercambio gaseoso de un anfibio terrestre, el cual tiene ambos sistemas respiratorios expuestos al aire



⁴El control activo de la respiración cutánea en anfibios tiene ciertas dificultades para establecerse experimentalmente. Escoge cual de los siguientes experimentos se te hace más viable:

- Al elevar la PCO_2 del agua, se tiene un efecto en la PCO_2 arterial de cierto organismo y esto provoca los cambios metabólicos requeridos para ajustar la dotación de oxígeno a los tejidos. El cambio en la tasa metabólica nos indicará el grado en que la respiración cutánea ha establecido los requerimientos de intercambio gaseoso.
- Someter a cierto organismo a ejercicio extremo y comprobar el grado de acidosis respiratoria nos permite determinar el grado en el que el animal depende de la respiración cutánea. Si el resultado es una prolongada y severa acidosis, querrá decir que el organismo no presenta un buen control respiratorio y depende de la respiración cutánea.
- Al someter a un organismo a ejercicio extremo, se puede medir si disminuyó la tasa de excreción de CO_2 por la piel, con lo cual se puede determinar si esta varió significativamente y por lo tanto concluir que su respiración es principalmente cutánea.
- Al someter al organismo en un ambiente hipóxico y medir el incremento de obtención de oxígeno vía cutánea, se obtiene una evidencia convincente de que su respiración principal es la cutánea.
- Estudio hecho sobre el consumo de oxígeno en anfibios, medido como una función de las PO_2 del ambiente, en donde se va variando este último factor y se observa que no hay decremento en la PO_2 de la sangre, ya que la respiración cutánea regula y controla los niveles normales de PO_2 en esta.

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

3.4 Mostrará la relación entre la producción y excreción de CO₂ y el pH

3.4.1 Mostrará la relación entre la ventilación y el pH

¹Escoge el inciso en donde estén ordenados los eventos que suceden durante una Acidosis respiratoria.

- a) Los niveles de CO₂ en el cuerpo aumentan >La excreción del CO₂ cae debajo de la producción de CO₂> La ventilación del pulmón baja
- b) La ventilación del pulmón baja >La excreción del CO₂ cae debajo de la producción de CO₂> Los niveles de CO₂ en el cuerpo aumentan
- c) La ventilación del pulmón aumenta>La excreción de CO₂ es mucho mayor que la producción>Bajan los niveles de CO₂ en el cuerpo
- d) La excreción del CO₂ cae debajo de la producción de CO₂>Los niveles de CO₂ en el cuerpo aumentan> La ventilación del pulmón baja
- e) La excreción de CO₂ es mucho mayor que la producción>Bajan los niveles de CO₂ en el cuerpo> La ventilación del pulmón aumenta

²Escoge el inciso en donde estén ordenados los eventos que suceden durante una Alcalosis respiratoria.

- a) Los niveles de CO₂ en el cuerpo aumentan >La excreción del CO₂ cae debajo de la producción de CO₂> La ventilación del pulmón baja
- b) La ventilación del pulmón baja >La excreción del CO₂ cae debajo de la producción de CO₂>Los niveles de CO₂ en el cuerpo aumentan
- c) La ventilación del pulmón aumenta >La excreción de CO₂ es mucho mayor que la producción >Bajan los niveles de CO₂ en el cuerpo
- d) La excreción del CO₂ cae debajo de la producción de CO₂>Los niveles de CO₂ en el cuerpo aumentan> La ventilación del pulmón baja
- e) La excreción de CO₂ es mucho mayor que la producción>Bajan los niveles de CO₂ en el cuerpo> La ventilación del pulmón aumenta

3.5 Discutirá el efecto de cambios en las concentraciones de NH₃ y NH₄ sobre el pH intracelular, y como son contrarrestados estos cambios

³La acumulación de que ion o producto es causante de que el pH intracelular baje:

- a) NH₂
- b) NH₃
- c) NH₄⁺
- d) NH₄Cl
- e) NOOH

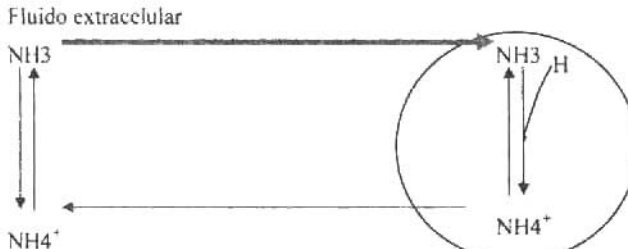
⁴La acumulación de que ion o producto es causante de que el pH intracelular aumente:

- a) NH₂
- b) NH₃
- c) NH₄⁺
- d) NH₄Cl
- e) NOOH

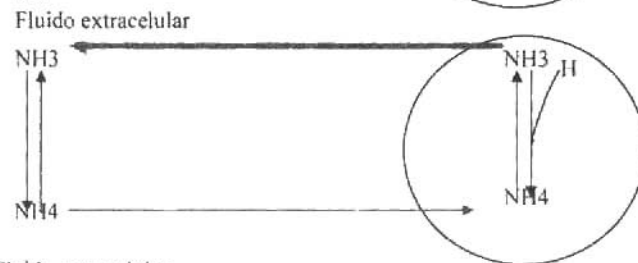
10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

¿Cuál de estos esquemas muestra el flujo de iones cuando el NH_4Cl baja de los niveles normales en el fluido extracelular: (El grosor de las flechas indican la velocidad de difusión)

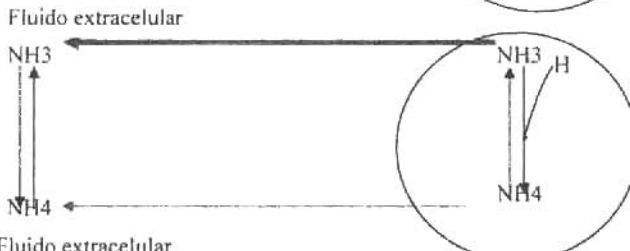
a)



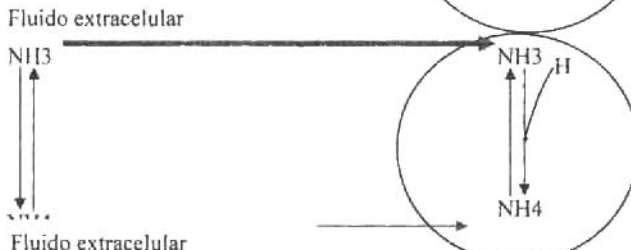
b)



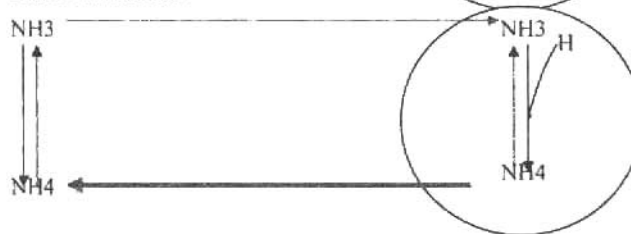
c)



d)



e)



10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

3.6 Discutirá los factores que influyen en el pH intracelular

²Escoge el inciso correcto acerca de los factores que influyen en el pH intracelular:

- a) Regulación con buffers físicos (ejemplo proteínas y fosfatos) localizados fuera de la célula
- b) Reacciones de HCO_3^- con iones H^+ , formando CO_2 , que luego se difunde hacia fuera de la célula.
- c) Regulación del coeficiente de difusión de O_2
- d) Difusión pasiva o transporte activo de O_2 proveniente de la célula
- e) Intercambio de ($\text{Na}^+ / \text{HCO}_3^-$)

²Escoge el inciso correcto acerca de los factores que influyen en el pH intracelular:

- a) Regulación con buffers físicos (ejemplo proteínas y fosfatos) localizados fuera de la célula
- b) Reacciones de HCO_3^- con iones H^+ , formando CO_2 , que luego se difunde hacia dentro de la célula.
- c) Regulación del coeficiente de difusión de O_2
- d) Difusión pasiva o transporte activo de O_2 proveniente de la célula
- e) Intercambio aniónico ($\text{HCO}_3^- / \text{Cl}^-$)

3.7 Comprenderá la influencia de la temperatura en la excreción y regulación del pH

²¿Cuál de las siguientes aseveraciones es cierta?

- a) El pH de la neutralidad del equilibrio $\text{H}^+ = \text{OH}^-$ es 7 solo a 20°C
- b) Cuando la disociación del agua disminuye el pH de la neutralidad aumenta
- c) La temperatura no tiene un efecto sobre el pK de las proteínas plasmáticas
- d) En el sistema $\text{CO}_2 / \text{HCO}_3^-$, el pK disminuye tanto como la temperatura disminuye.
- e) Cuando la disociación del agua aumenta el pH de la neutralidad aumenta

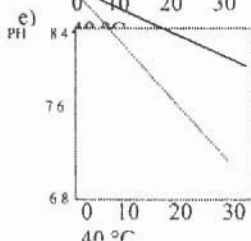
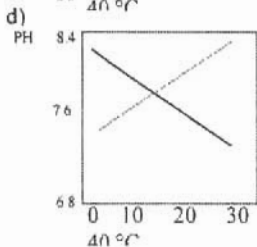
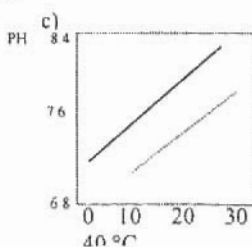
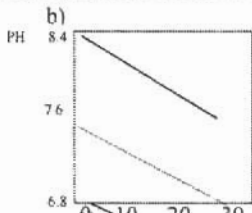
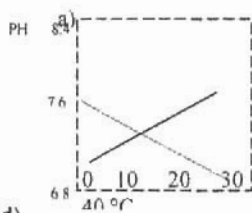
²¿Cuál de las siguientes aseveraciones es cierta?

- f) El pH de la neutralidad del equilibrio $\text{H}^+ = \text{OH}^-$ es 7 solo a 20°C
- g) Cuando la disociación del agua disminuye el pH de la neutralidad disminuye también
- h) La temperatura tiene un efecto sobre el pK de las proteínas plasmáticas
- i) En el sistema $\text{CO}_2 / \text{HCO}_3^-$, el pK disminuye tanto como la temperatura disminuye.
- j) Cuando la disociación del agua aumenta el pH de la neutralidad aumenta

⁴Marca la gráfica que muestra el pH arterial de un pez y la neutralidad del agua como una función de la temperatura del cuerpo.

_____ Línea que representa la sangre arterial del pez

_____ Línea que representa la neutralidad del agua



10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

4 Superficies respiratorias e intercambio gaseoso

Objetivo General:

Describirá las leyes generales del intercambio gaseoso y explicará los diferentes tipos de respiración en animales vertebrados e invertebrados desde un punto de vista comparativo y evolutivo

Objetivos Particulares:

4.1 Discutirá la ley de Fick y sus implicaciones para el proceso respiratorio en función de la forma y el tamaño del cuerpo

²La tasa de difusión por unidad de área es una variable que influye en:

- a) El efecto Bohr
- b) La ley de Fick
- c) El efecto Haldane
- d) El equilibrio de Donnan
- e) La ley de Embden-Meyerhof

4.2 Describirá la respiración tegumentaria por el sistema digestivo de Porifera, Cnidaria y Platyelminthes

¹Estos organismos usan pequeños canales a lo largo de los cuales pasan corrientes de agua, como estrategias adaptativas para resolver el aporte adecuado de oxígeno a todas las células: (marca el inciso correcto)

- a) Anémonas
- b) Esponjas
- c) Anfibios
- d) Organismos terrestres
- e) Peces

¹Estos organismos usan un fluido continuo a través del cuerpo hueco, como estrategia adaptativa para resolver el aporte adecuado de oxígeno a todas las células: (marca el inciso correcto)

- a) Anémonas
- b) Esponjas
- c) Anfibios
- d) Organismos terrestres
- e) Peces

4.3 Examinará la implicación evolutiva y adaptativa del porcentaje de intercambio gaseoso tegumentario en vertebrados acuáticos, anfibios y terrestres.

²Elige cual de estos organismos obtienen el oxígeno principalmente a través del tegumento y lo llevan a las células a través de estructuras circulatorias

- a) Porifera
- b) Cnidaria
- c) Anfibios de tierra
- d) Platyelminthes
- e) Roedor

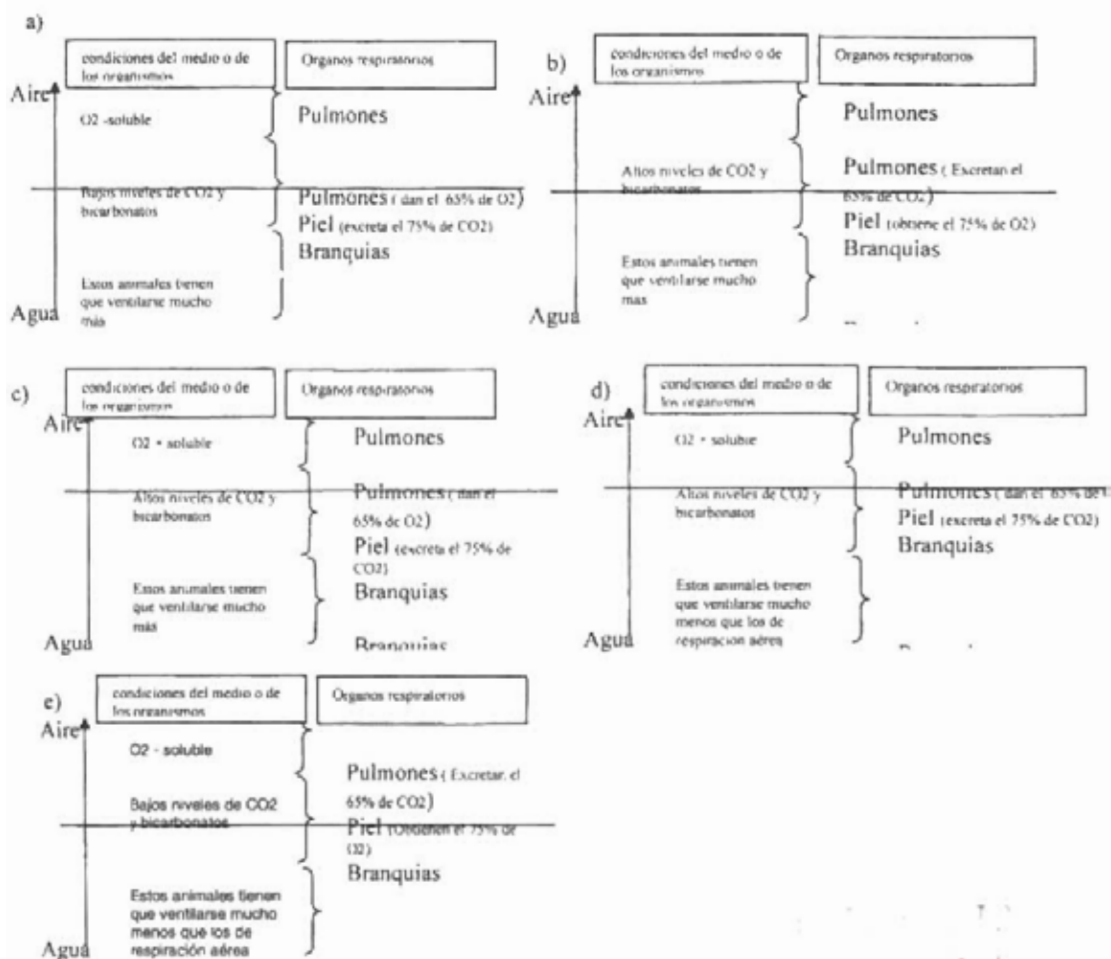
10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

²Los grupos Porifera, Cnidaria y platyelmintes:

- Obtienen el oxígeno a través del tegumento y lo llevan a las células a través de estructuras circulatorias
- Obtienen el oxígeno por el atrio y lo absorben por células especializadas
- Obtienen el oxígeno en forma simultánea a la digestión de alimentos
- Obtienen el oxígeno por branquias y lo llevan a las células a través de estructuras circulatorias.
- Obtienen el oxígeno a través de branquias externas y lo absorben por células especializadas

³Las siguientes figuras representan las características del medio y el tipo de órganos respiratorios que se presentan en ambientes terrestres, acuáticos y de transición.

Elige la figura correcta (revisa que todas las anotaciones que estén en el lugar adecuado):



10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

4.4 Describirá la estructura y la fisiología de las branquias externas de equinodermos y anélidos y las internas desde decápodos hasta teleósteos.

Es una estructura respiratoria de los Teleósteos

- a) Tegumento
- b) Láminas epiteliales
- c) Escafoagnatio
- d) Arcos branquiales
- e) Penachos branquiales

El escafoagnatio es una estructura respiratoria de

- a) Teleósteos
- b) Poliqueto Arenícola
- c) Decápodos
- d) Anélidos
- e) Platyelminthes

4.5 Mostrará el funcionamiento de las branquias

Escoge los eventos ordenados que suceden durante la respiración en un pez.

a)

1. el agua es empujada hacia las branquias
2. el agua fluye hacia el interior
3. Se abre la boca
4. se cierra la boca
5. Se crea una bomba de presión negativa
6. Se crea una bomba de presión positiva

c)

1. Se crea una bomba de presión negativa
2. el agua es empujada hacia las branquias
3. el agua fluye hacia el interior
4. Se abre la boca
5. se cierra la boca
6. Se crea una bomba de presión positiva

e)

1. Se abre la boca
2. Se crea una bomba de presión negativa
3. se cierra la boca
4. Se crea una bomba de presión positiva
5. el agua es empujada hacia las branquias
6. el agua fluye hacia el interior

b)

1. Se abre la boca
2. Se crea una bomba de presión negativa
3. el agua fluye hacia el interior
4. se cierra la boca
5. Se crea una bomba de presión positiva
6. el agua es empujada hacia las branquias

d)

1. el agua fluye hacia el interior
2. Se abre la boca
3. Se crea una bomba de presión negativa
4. Se crea una bomba de presión positiva
5. se cierra la boca
6. el agua es empujada hacia las branquias

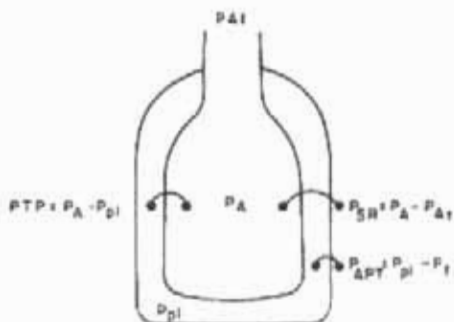
10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

4.6 Describirá en un nivel general la estructura y el funcionamiento de los pulmones de difusión y de ventilación

Diagrama mostrando las presiones que afectan el Sistema Respiratorio

PA = Presión alveolar

PAT = Presión barométrica y atmosférica



P_{pl} = Presión pleural

PTP = Presión transpulmonar

PSR = Presión del sistema respiratorio

PAPT = Presión a través de la pared del tórax

¿Qué pasa durante la inspiración:

- Aumenta la presión transpulmonar
- Disminuye la presión del sistema respiratorio
- Aumenta la presión alveolar
- Se igualan las presiones internas y externas
- Solo hay cambios de presión durante la espiración

4.7 Examinará la diferencia entre la tasa de ventilación de los animales con respiración acuática y los de respiración aérea

Escoge el inciso verdadero:

- La tasa de ventilación es mayor en la respiración aérea que en la acuática
- El contenido de oxígeno es mayor en el ambiente aéreo en comparación al acuático
- La densidad del medio es igual en ambos
- La tasa de ventilación requerida es mayor en el ambiente acuático que en el aéreo
- El contenido de oxígeno es igual en ambos

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

4.8 Describirá la anatomía funcional del pulmón de mamíferos como culminación de tendencias evolutivas

¹En la organización del árbol filogenético de los vertebrados hay tres tendencias en el sistema respiratorio (escoge en que inciso se mencionan estas tres tendencias):

- a) El alargamiento progresivo del epitelio respiratorio; el aporte de una circulación eficiente; el aumento de la ventilación
- b) La circunscripción del epitelio a un espacio cerrado; la evaginación del epitelio respiratorio; las especializaciones en la maquinaria de respiración.
- c) El alargamiento progresivo del epitelio respiratorio; la evaginación del epitelio respiratorio; las especializaciones en la maquinaria de respiración.
- d) El alargamiento progresivo del epitelio respiratorio; el aporte de una circulación eficiente; las especializaciones en la maquinaria de respiración.
- e) La circunscripción del epitelio a un espacio cerrado; la evaginación del epitelio respiratorio; el aumento de la ventilación

²Marca el inciso que completa la oración:

- Motoneuronas
- Médula
- Centro respiratorio
- Hemisferios cerebrales
- Motorreceptores

Durante la respiración normal la caja torácica se expande y contrae por una serie de músculos esqueléticos, el diafragma y los músculos intercostales externos e internos, la contracción de estos músculos esta determinado por la actividad de motoneuronas ,controlada por el _____ de la médula oblongada. El incremento del volumen torácico reduce la presión alveolar y el aire entra en los pulmones. La relajación del diafragma y los músculos intercostales externos reduce el volumen torácico lo que aumenta la presión alveolar y fuerza al aire salir de los pulmones.

4.9 Describirá la anatomía y función de los sistemas del pulmón de aves y explicará el intercambio gaseoso en los huevos.

³Marca el inciso en el que todas las aseveraciones son verdaderas:

- a) Los músculos de vuelo no tienen influencia durante la respiración
- b) Existe una relación mecánica entre el vuelo y los movimientos respiratorios
- c) El sistema de sacos aéreos que se extiende como divertículo penetra en los músculos y dentro de los órganos pero no en los huesos adyacentes
- d) El flujo del aire es unidireccional en el mesobranquio
- e) El oxígeno se difunde en los capilares aéreos a partir del parabronquio y es tomado por la sangre

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

Escoge las frases correctas que describe la transferencia de gases en los huevos de las aves:

- a) Durante el desarrollo de un embrión de pájaro, la transferencia de gases se incrementa a través de pequeños poros en la cáscara y luego por la membrana periférica. Al aumentar la difusión el número de poros aumenta proporcionalmente.
- b) Los factores que contribuyen al aumento de la difusión son el desarrollo de una circulación periférica en la membrana corioalantoica, un incremento en el volumen de la sangre circulante, un incremento en la afinidad e oxígeno de la sangre y un incremento en la diferencia de P_{O_2} a través de la cáscara.
- c) El gas se difunde a través de la membrana periférica pasando sin problemas a través de la cáscara, ya que es permeable al oxígeno.
- d) Los factores que contribuyen al aumento de la difusión son el desarrollo de una circulación interna en la membrana corioalantoica, un incremento en el volumen de la sangre circulante, un incremento en la afinidad e oxígeno de la sangre y una disminución en la diferencia de P_{O_2} a través de la cáscara.
- e) El gas se difunde a través de pequeños poros en la cáscara y luego por la membrana periférica, sin atravesar a la membrana corioalantoica ya que se traslada por circulación.

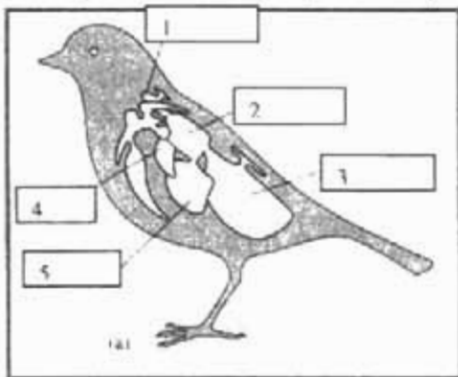
Escoge las frases correctas que describan la transferencia de gases en los huevos de las aves:

- a) Durante el desarrollo de un embrión de pájaro, la transferencia de gases se incrementa a través de pequeños poros en la cáscara y luego por la membrana periférica. Al aumentar la difusión el número de poros aumenta proporcionalmente.
- b) El gas se difunde a través de la membrana periférica pasando sin problemas a través de la cáscara, ya que es permeable al oxígeno.
- c) Los factores que contribuyen al aumento de la difusión son el desarrollo de una circulación interna en la membrana corioalantoica, un incremento en el volumen de la sangre circulante, un incremento en la afinidad e oxígeno de la sangre y una disminución en la diferencia de P_{O_2} a través de la cáscara.
- d) El gas se difunde a través de pequeños poros en la cáscara y luego por la membrana periférica, sin atravesar a la membrana corioalantoica ya que se traslada por circulación.
- e) Durante el desarrollo de un embrión de pájaro, la transferencia de gases se incrementa a través de pequeños poros en la cáscara a pesar de que no cambia la estructura.

En el siguiente diagrama elige ¿cuál es el nombre de la estructura número 2?

- a) Saco abdominal
- b) Saco cervical
- c) Pulmón
- d) Saco torácico posterior
- e) Saco torácico anterior

4.a) Comparará la efectividad fisiológica de las traqueas con otros sistemas respiratorios pulmonares.



10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

¿Por qué los insectos tienen un transporte de gases más rápido hacia las células que el resto de los animales que tienen respiración pulmonar?

- a) Por que tienen la ventaja de transportar gases por sangre
- b) Por la actividad de los receptores inspiratorios
- c) Por que el área traqueolar es muy grande y muy cercana a una célula (este a una distancia mayor de los vasos de una mamífero)
- d) Por que tienen bombas iónicas de alta efectividad
- e) Por que en el fondo del pulmón primario la presión venosa excede a la presión alveolar

¿Por qué los insectos tienen un transporte de gases más rápido hacia las células que el resto de los animales que tienen respiración pulmonar?

- a) Por que tienen la ventaja de transportar gases por sangre
- b) Por la actividad de los receptores inspiratorios
- c) Por que el área traqueolar es pequeña
- d) Por que tienen bombas iónicas de alta efectividad
- e) No necesitan un aparato circulatorio para el transporte de gases.



¿Cuál de los siguientes incisos corresponde al sistema respiratorio del organismo mostrado?

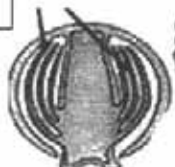
a)



b)



c)



d)



e)



10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

4.a2 Describirá los elementos fundamentales del sistema circulatorio pulmonar en mamíferos

¿De donde proviene el CO₂ que entra al pulmón?

- a) la arteria pulmonar
- b) de la circulación bronquial
- c) de la aorta
- d) de la circulación venosa
- e) de la circulación sistémica

Explicará la operación del centro respiratorio medular.

¿Qué señal principal estimula positivamente a los quimiorreceptores del centro respiratorio medular?

- a) La hipoxia
- b) El aumento de O₂
- c) El aumento del CO₂
- d) El aumento de NH₂⁺
- e) La disminución del pH

¿Qué señal principal estimula negativamente a los quimiorreceptores del centro respiratorio medular?

- f) La hipercapnia
- g) El aumento de O₂
- h) El aumento del CO₂
- i) Cuando las neuronas alcanzan un nivel umbral
- j) Cuando las neuronas detectan niveles bajos de NH₂⁺

El disparo de la actividad de las neuronas inspiratorias provoca:

- a) Una contracción de los músculos inspiratorios y una disminución en la presión intrapulmonar
- b) El incremento de los niveles de CO₂
- c) Una distensión del pulmón
- d) Un reflejo inhibitorio vía el reflejo vago
- e) Modifica el umbral de los receptores periféricos

¿Qué determina el patrón generador que causa los movimientos respiratorios y donde se encuentra?

- a) El generador central del ritmo que está en el Centro medular respiratorio
- b) El generador central del ritmo que está en la médula oblongada
- c) El nervio vago que está en la médula oblongada
- d) La contracción de los músculos inspiratorios en la caja torácica
- e) El incremento de los niveles de CO₂ en el pulmón

¿Cuándo en el curso de una insuficiencia respiratoria, el PCO₂ empieza a elevarse indica con seguridad:

- a) Que el centro respiratorio se está haciendo insensible.
- b) Que la ventilación alveolar es insuficiente.
- c) Que el espacio muerto ha disminuido de modo alarmante.
- d) Que se ha asociado una insuficiencia renal
- e) Qué ocurrió una contracción de los músculos inspiratorios y una disminución en la presión intrapulmonar.

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

4.a3 Describirá cómo se mueve y como se secreta el oxígeno en la vejiga natatoria de los peces teleosteos

¿Cuál de estas aseveraciones contribuye al mantenimiento de una presión alta de gas en la vejiga natatoria de los peces?

- a) La diferencia de PO₂ entre la sangre arterial o venosa al final del retículo distal de la vejiga natatoria es menor comparada con la diferencia de PO₂ entre el medio ambiente y la vejiga, reduciendo la pérdida de oxígeno de la vejiga.
- b) La estructura reticular facilita que la sangre fluya dentro de la pared de la vejiga sin una consiguiente pérdida grande de gas de la vejiga natatoria.
- c) La presión parcial de oxígeno disminuye tanto en los capilares arteriales o venosos con la distancia del epitelio secretor.
- d) La sangre abandona el epitelio secretor a una alta presión parcial de oxígeno (PO₂) pasando hacia los capilares venosos.
- e) Se aumenta el pH para el oxígeno pueda disociarse de la hemoglobina.

¿Qué características (son 2) clave tienen las células de la vejiga natatoria que les permite disminuir el consumo de oxígeno?

- a) Producen dióxido de carbono y lactato
- b) Tienen bajo pH y separan el oxígeno de la hemoglobina
- c) Tienen un alta actividad del ciclo de Krebs y la glucólisis
- d) Tienen una baja presión parcial de oxígeno y por consiguiente tienen una mínima pérdida de gas.

¿La producción de dióxido de carbono, lactato y protones por las células de la glándula de gas evita que:

- a) el oxígeno se difunda de la sangre hacia el espacio gaseoso de la vejiga.
- b) la PO₂ en el epitelio secretor se incremente más que en la vejiga natatoria
- c) Se transfiera oxígeno de la vejiga hacia las células del pez
- d) Haya un incremento de la concentración iónica
- e) Haya una disminución del pH que causa la separación del oxígeno de la hemoglobina

5 Metabolismo

Objetivo General:

Explicará la relación entre el alimento que ingieren los animales y el calor liberado tras los procesos de oxidación de las sustancias químicas

Objetivos Particulares:

5.1 Definirá el cociente respiratorio

¿Qué es cociente respiratorio?

- a) Es la relación entre la ingestión de alimentos y la excreción renal
- b) Es la relación entre el oxígeno consumido y la excreción renal
- c) Es la relación entre la ingestión de alimentos y el bióxido de carbono producido
- d) Es la relación entre el oxígeno consumido Qo₂ y el bióxido de carbono producido.
- e) Es la relación entre la tasa metabólica basal y la tasa metabólica estándar

4.2 Mencionará la tasa metabólica basal y la estándar

4.2.1 Explicarán la relación entre la tasa metabólica y el volumen corporal entre vertebrados de diferentes especies

4.2.2 Mencionará los factores ambientales que pueden modificar la tasa metabólica

4.2.3 Mencionará los factores internos que pueden modificar la tasa metabólica (rítmos)

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

²Los cambios metabólicos se producen a lo largo de toda la vida del animal y a menudo son fluctuaciones diarias, lunares o estacionales.

En los animales homeotermos en reposo esta fluctuación es llamada tasa metabólica basal y en los poiquilotermos como tasa metabólica estándar. De los siguientes, escoge el factor que no modifica la tasa metabólica :

- a) El foto periodo
- b) El reposo
- c) El tamaño del animal
- d) La salinidad
- e) La talla

³En un individuo en reposo el hígado tiene una temperatura de 37°C y la piel 25°C El estado ácido-base será entonces:

	Sangre Arterial	Hígado	Piel
Temperatura	37°C	37°C	25°C
pH	7,40	7,40	7,57
PCO2 mmHg	40	40	24
PO2 mmHg	100	100	43

Si ese mismo individuo realiza un trabajo muscular intenso, por ejemplo correr, los músculos pueden aumentar su temperatura hasta unos 41°C por el aumento de la tasa metabólica. El estado ácido-base será:

	Sangre Arterial	Hígado	Músculo
Temperatura	37°C	38°C	41°C
pH	7,40	7,38	7,34
PCO2 mmHg	40	41,6	47
PO2 mmHg	100	107,4	133

⁴Con base en lo anterior escoge el inciso correcto: Si comparamos el músculo, con la sangre:

- a) La PCO₂, la PO₂ disminuirán y el pH disminuirá
- b) El pH aumentará, la PCO₂ disminuirá y la PO₂ aumentará
- c) La PCO₂ aumentará, el pH aumentará también y la PO₂ aumentará
- d) Aumentará la PO₂, disminuirá la PCO₂ y el pH disminuirá
- e) El pH se mantendrá igual, la PCO₂ disminuirá y la PO₂ aumentará

6 Factores que determinan la disponibilidad de oxígeno

Objetivo General:

Describir y comparar las adaptaciones de los organismos al aporte de oxígeno del medio desde una perspectiva integrativa del tema de respiración, con un enfoque comparativo, evolutivo y ecológico.

Objetivos Particulares:

6.1 Explicar la diferencia de presión parcial de oxígeno en ambientes aéreos con diferentes altitudes y en ambientes acuáticos

6.2 Explicar la influencia de la temperatura y la presencia de sales con la solubilidad de O₂ en medios acuáticos

¹Lo siguiente es cierto para ambientes acuáticos:

- a) La solubilidad del oxígeno en agua es inversamente proporcional al pH
- b) La PO₂ al disolverse en agua es un poco mayor que en aire
- c) La solubilidad es inversamente proporcional al aumento de la temperatura
- d) La presencia de sales aumenta la concentración de O₂
- e) La PO₂ es muy sensible a los cambios de temperatura pero no a los cambios de concentración de solutos.

10. DESARROLLO DE PREGUNTAS DE ACUERDO AL OBJETIVARIO

¹La PO_2 al nivel del mar es de 155 mmHg. La altura máxima donde hay asentamientos humanos está a 5,800 m donde la pO_2 es de:

- a) 250 mm Hg
- b) 199 mm Hg
- c) 155 mm Hg
- d) 80 mm Hg
- e) 350 mm Hg

¹Los electrodos de "tipo Clark" siguiendo el nombre de su inventor, el Dr. Leland Clark, tienen una delgada membrana orgánica que cubre una capa de electrolito y dos electrodos metálicos. El oxígeno se difunde a través de la membrana y es reducido electroquímicamente en el cátodo. Hay una tensión cuidadosamente fijada entre el cátodo y un ánodo de tal manera que sólo se reduce el oxígeno. Mientras más elevada sea la presión parcial del oxígeno, más oxígeno se difunde a través de la membrana en un tiempo dado. Esto trae como resultado una corriente que es proporcional al oxígeno presente en la muestra.

¿En que condición marcará una corriente más grande?

- a) En agua de mar a 37°C
- b) En agua pantanosa a 20°C
- c) En agua de mar a 2°C
- d) En agua destilada a 26°C
- e) En agua dulce a 2°C

6.3 Comparar cómo el medio acuático o aéreo implica diferentes exigencias fisiológicas para la obtención de O_2

6.3.1 Ejemplificar un caso de un animal oxiconformista

6.3.2 Ejemplificar un caso de un animal regulador

6.3.3 Comparar las ventajas evolutivas de ambas formas de adaptación

6.3.4 Explicará las respuestas respiratorias a condiciones de hipoxia, incremento en los niveles de CO_2 , buceo y ejercicio en vertebrados.

6.3.5 Comparará las diferencias de adaptación al aporte de oxígeno del medio entre oxiconformistas y reguladores

6.3.6 Comparará las adaptaciones a largo y acorto plazo así como su implicación evolutiva de los animales reguladores en condiciones de cambios de altitud, presión atmosférica, presión parcial, temperatura (solubilidad y velocidad de difusión)

²¿Que mecanismos utilizan los animales de respiración aérea para proporcionar oxígeno al sistema nervioso central durante el buceo?

- a) Muchos animales buceadores tienen niveles de hemoglobina y mioglobina, y sus reservas generales son mucho mayores que las de animales no buceadores.
- b) La disminución de los niveles de O_2 en la sangre y los incrementos del CO_2 estimulan la ventilación.
- c) incrementa la utilización de O_2 y la producción de CO_2 y la producción metabólica de ácido.
- d) La frecuencia cardíaca aumenta para proveer las altas demandas de los tejidos.
- e) se incrementa la ventilación pulmonar, la frecuencia cardíaca, el flujo de la sangre

11. PREGUNTAS SELECCIONADAS PARA EL TEST FINAL APLICADO

Facultad de Ciencias ** Evaluación de la aplicación del CD Multimedia "Fisiología Respiratoria"

Biología de los Animales II 2004-2

Grupo:

NOMBRE: _____

EDAD: _____

SEXO: _____

FECHA DE ENTRADA A LA CARRERA: _____

NÚMERO DE CREDITOS APROBADOS: _____

PROMEDIO: _____

INSTRUCCIONES: Todo el examen es de opción múltiple y hay una sola respuesta posible. Lee la pregunta y marca con un círculo el inciso correcto.

1. ¿En qué organismos se presenta el hemocele?

- a) Poríferos
- b) Celenterados
- c) Vertebrados
- d) Anélidos
- e) Artrópodos

2. La presencia de hemoglobina es una característica bioquímica monofilética de la mayoría de:

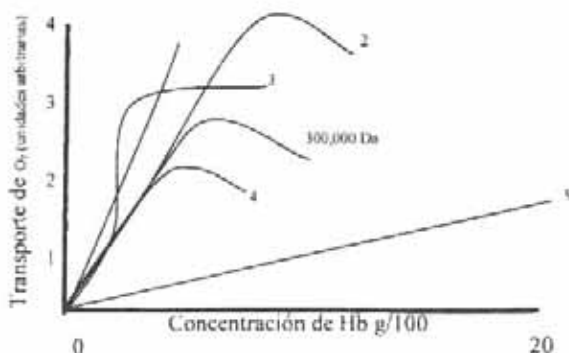
- a) Los invertebrados
- b) Los vertebrados
- c) Los tcnóforos
- d) Los lamelibranquios
- e) Los artrópodos

3. El siguiente es un pigmento respiratorio:

- a) Heriropoyetina
- b) Globulina
- c) Porfirina
- d) Hemocianina
- e) Globina

4. ¿Cuál de las siguientes curvas representaría la capacidad de transporte de una hemoglobina con peso molecular de 68,000 Da?

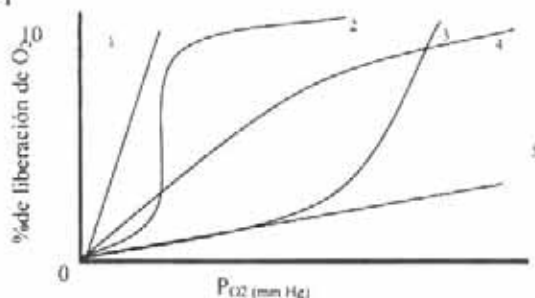
- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5



11. PREGUNTAS SELECCIONADAS PARA EL TEST FINAL APLICADO

5. De acuerdo a la ecuación de Hill ($y=100 kx^n / 1+kx^n$) ¿Cuál de las siguientes curvas tendrán un valor de $n > 1$

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

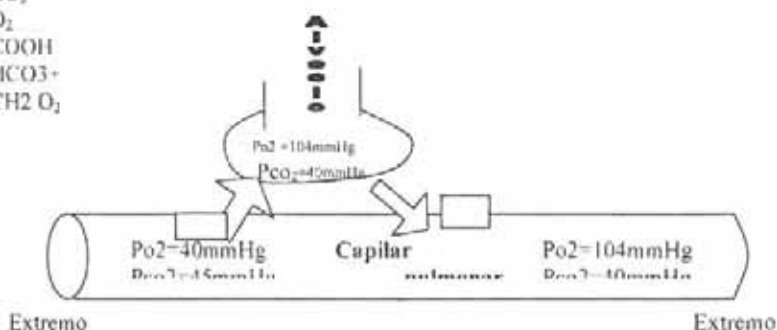


6. ¿Qué factor reduce la afinidad de la hemoglobina al oxígeno?

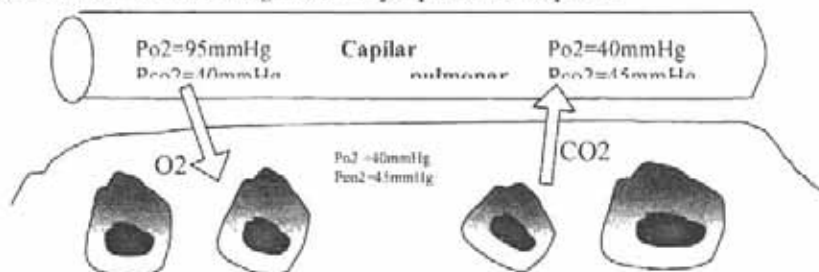
- Temperatura elevada
- Aumento del pH
- Disminución de CO_2
- Aumento en la PO_2
- Disminución de la temperatura

7. Marca el nombre del gas que se está transfiriendo del alvéolo al capilar pulmonar

- CO_2
- O_2
- $COOH$
- HCO_3^-
- $CH_2 O_2$



8. Observa como se difunden los gases en el ejemplo de este esquema



11. PREGUNTAS SELECCIONADAS PARA EL TEST FINAL APLICADO

Que pasaría si los valores del esquema anterior fueran los siguientes: el capilar con una PCO_2 de 45 mmHg y una PO_2 de 40mmHg y el tejido una PCO_2 de 40mmHg y una PO_2 de 95mmHg.

- a) El CO_2 saldría de los tejidos
- b) El CO_2 entraría a los tejidos
- c) El O_2 saldría de los tejidos
- d) El O_2 entraría a los tejidos
- e) No saldría ni entraría gas

9. En el caso de una situación de hipoxia prolongada, elige cual de ellos es una respuesta a largo plazo:

- a) Tener una hemoglobina muy afin al oxígeno
- b) Ceder más oxígeno a los tejidos
- c) Aumentar el número de eritrocitos circulantes
- d) Modular la eritropoyetina y la hormona tiroidea
- e) Cambiar la regulación neural de los volúmenes respiratorio y circulatorio

10. Si un mamífero que normalmente vive a nivel del mar, se desplaza a un lugar con altura de 5000 m por encima del nivel del mar, y permanece por largo tiempo en esta atmósfera baja en el nivel de PO_2 , ¿Qué ocurre? Marca el inciso correcto:

- a) El pH de la sangre como del Líquido Cefaloraquídeo CSF regresa a niveles normales por medio de la excreción de bicarbonato
- b) El pH se mantiene en niveles altos
- c) Los quimiorreceptores se vuelven más sensibles al CO_2
- d) El efecto reflejo de la ventilación se detiene
- e) Se estimulan los quimiorreceptores de los cuerpos carótidos y aórticos

11. La cantidad de CO_2 transportado como HCO_3^- depende de la cantidad de iones H^+ que se producen. Si los iones hidrógeno se remueven rápidamente combinándose con los sistemas amortiguadores...

- a) La hemoglobina se disocia del oxígeno
- b) La disociación del ácido carbónico y el hidrógeno se lleva a cabo muy lentamente
- c) El pH de la sangre no cambia.
- d) Se transfiere ácido entre los compartimentos extracelular e intracelular.
- e) Los grupos NH_2 de las proteínas de la sangre pueden formar uniones con CO_2

12. Es una característica perteneciente a animales acuáticos:

- a) El CO_2 incrementa la tasa de estimulación en los nervios aferentes
- b) Los quimiorreceptores son estimulados por un incremento de CO_2
- c) El medio permite una fácil eliminación de CO_2
- d) Los pequeños cambios de CO_2 afectan el pH del fluido cerebroespinal
- e) Los receptores sensitivos a H^+ localizados en la región del centro respiratorio medular, son estimulados por un alza del pH

11. PREGUNTAS SELECCIONADAS PARA EL TEST FINAL APLICADO

13. Si en la trucha el tamaño de los eritrocitos es mayor que en los humanos y además la tasa de intercambio aniónico es menor, la tendencia en este pez será a

- a) Disminuir la concentración de proteína de Banda III.
- b) Aumentar la temperatura corporal
- c) Disminuir la concentración de mitocondrias en las células
- d) Tener mayor concentración de proteína de banda III
- e) Aumentar los niveles de anhidrasa carbónica

14. La mayoría del transporte de CO_2 ocurre como bicarbonato; el CO_2 y el agua reaccionan de la siguiente manera dentro del glóbulo rojo. Completar:



- a) HCO_3^-
- b) H_2CO_3
- c) CH_2O_2
- d) $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
- e) COOH

15. Escoge el inciso en donde estén ordenados los eventos que suceden durante una Acidosis respiratoria.

- a) Los niveles de CO_2 en el cuerpo aumentan >La excreción del CO_2 cae debajo de la producción de CO_2 > La ventilación del pulmón baja
- b) La ventilación del pulmón baja >La excreción del CO_2 cae debajo de la producción de CO_2 >Los niveles de CO_2 en el cuerpo aumentan
- c) La ventilación del pulmón aumenta>La excreción de CO_2 es mucho mayor que la producción>Bajan los niveles de CO_2 en el cuerpo
- d) La excreción del CO_2 cae debajo de la producción de CO_2 >Los niveles de CO_2 en el cuerpo aumentan> La ventilación del pulmón baja
- e) La excreción de CO_2 es mucho mayor que la producción>Bajan los niveles de CO_2 en el cuerpo> La ventilación del pulmón aumenta

16. Escoge el inciso correcto acerca de los factores que influyen en el pH intracelular:

- a) Regulación con buffers físicos (ejemplo proteínas y fosfatos) localizados fuera de la célula
- b) Reacciones de HCO_3^- con iones H^+ , formando CO_2 , que luego se difunde hacia fuera de la célula.
- c) Regulación del coeficiente de difusión de O_2
- d) Difusión pasiva o transporte activo de O_2 proveniente de la célula
- e) Intercambio de ($\text{Na}^+ / \text{HCO}_3^-$)

17. Estos organismos usan un fluido continuo a través del cuerpo hueco, como estrategia adaptativa para resolver el aporte adecuado de oxígeno a todas las células:

- a) Anémonas
- b) Esponjas
- c) Anfibios
- d) Organismos terrestres
- e) Peces

11. PREGUNTAS SELECCIONADAS PARA EL TEST FINAL APLICADO

18. Es una estructura respiratorias de los Teleósteos

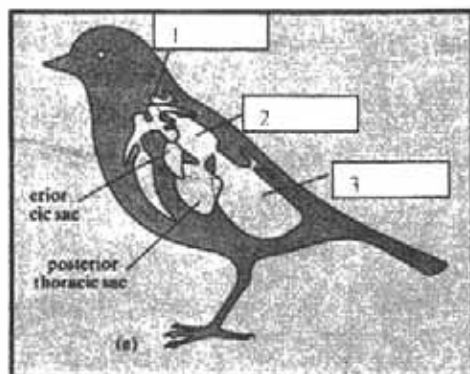
- a) Tegumento
- b) Laminillas epiteliales
- c) Escafognatito
- d) Arcos branquiales
- e) Penachos branquiales

19. En la organización del árbol filogenético de los vertebrados hay tres tendencias en el sistema respiratorio (escoge en que inciso se mencionan estas tres tendencias):

- a) El alargamiento progresivo del epitelio respiratorio; el aporte de una circulación eficiente; el aumento de la ventilación
- b) La circunscripción del epitelio a un espacio cerrado; la evaginación del epitelio respiratorio; las especializaciones en la maquinaria de respiración.
- c) El alargamiento progresivo del epitelio respiratorio; la evaginación del epitelio respiratorio; las especializaciones en la maquinaria de respiración.
- d) El alargamiento progresivo del epitelio respiratorio; el aporte de una circulación eficiente; las especializaciones en la maquinaria de respiración.
- e) La circunscripción del epitelio a un espacio cerrado; la evaginación del epitelio respiratorio; el aumento de la ventilación

20. En el siguiente diagrama elige ¿cuál es el nombre de la estructura número 2?

- a) Saco abdominal
- b) Saco cervical
- c) Pulmón
- d) Saco torácico posterior
- e) Saco torácico anterior

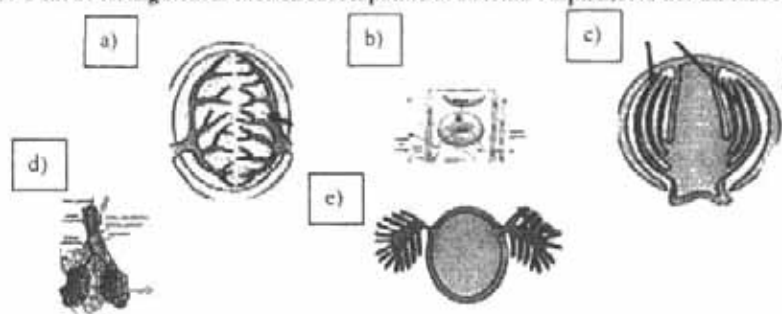


21. ¿Por qué los insectos tienen un transporte de gases más rápido hacia las células que el resto de los animales que tienen respiración pulmonar?

- a) Por que tienen la ventaja de transportar gases por sangre
- b) Por la actividad de los receptores inspiratorios
- c) Por que el área traqueolar es muy grande y muy raramente una célula está a una distancia mayor de tres células de una traqueola.
- d) Por que tienen bombas iónicas de alta efectividad
- e) Por que en el fondo del pulmón primario la presión venosa excede a la presión alveolar.

11. PREGUNTAS SELECCIONADAS PARA EL TEST FINAL APLICADO

22. Cuál de los siguientes incisos corresponde al sistema respiratorio del un insecto.



23. ¿Qué señal principal estimula positivamente a los quimiorreceptores del centro respiratorio medular?

- a) La hipoxia
- b) El aumento de O_2
- c) El aumento del CO_2
- d) El aumento de NH_4^+
- e) La disminución del pH

24. El disparo de la actividad de las neuronas inspiratorias provoca:

- a) Una contracción de los músculos inspiratorios y una disminución en la presión intrapulmonar
- b) El incremento de los niveles de CO_2
- c) Una distensión del pulmón
- d) Un reflejo inhibitorio via el reflejo vago
- e) Modifica el umbral de los receptores periféricos

25. Lo siguiente es cierto para ambientes acuáticos:

- a) La solubilidad del oxígeno en agua es inversamente proporcional al pH
- b) La PO_2 al disolverse en agua es un poco mayor que en aire
- c) La solubilidad es inversamente proporcional al aumento de la temperatura
- d) La presencia de sales aumenta la concentración de O_2
- e) La PO_2 es muy sensible a los cambios de temperatura pero no a los cambios de concentración de solutos

26. ¿Que mecanismos utilizan los animales de respiración aérea para proporcionar oxígeno al sistema nervioso central durante el buceo?

- a) Muchos animales buceadores tienen niveles de hemoglobina y mioglobina, y sus reservas generales son mucho mayores que las de animales no buceadores.
- b) La disminución de los niveles de O_2 en la sangre y los incrementos del CO_2 estimulan la ventilación.
- c) incrementa la utilización de O_2 y la producción de CO_2 y la producción metabólica de ácido.
- d) La frecuencia cardíaca aumenta para proveer las altas demandas de los tejidos.
- e) se incrementa la ventilación pulmonar, la frecuencia cardíaca, el flujo de la sangre

12. PREGUNTAS POR CATEGORIAS

CONTROL	TRADICIONAL	RP
13. Si en la trucha el tamaño de los eritrocitos es mayor que en los humanos y además la tasa de intercambio aniónico es menor, la tendencia en este pez será a	1. ¿En qué organismos se presenta el hemocele?	2. La presencia de hemoglobina es una característica bioquímica monofilética de la mayoría de:
14. La mayoría del transporte de CO ₂ ocurre como bicarbonato; el CO ₂ y el agua reaccionan de la siguiente manera dentro del glóbulo rojo. Completar:	5. De acuerdo a la ecuación de Hill ($y=100 kx^n / 1+kx^n$) ¿Cuál de las siguientes curvas tendrán un valor de $n > 1$	3. El siguiente es un pigmento respiratorio:
19. En la organización del árbol filogenético de los vertebrados hay tres tendencias en el sistema respiratorio (escoge en que inciso se mencionan estas tres tendencias)	11. La cantidad de CO ₂ transportado como HCO ₃ ⁻ depende de la cantidad de iones H ⁺ que se producen. Si los iones hidrógeno se remueven rápidamente combinándose con los sistemas amortiguadores...	4. ¿Cuál de las siguientes curvas representaría la capacidad de transporte de una hemoglobina con peso molecular de 68.000 Da?
20. En el siguiente diagrama elige ¿cuál es el nombre de la estructura número 2?	12. Es una característica perteneciente a animales acuáticos.	6. ¿Qué factor reduce la afinidad de la hemoglobina al oxígeno?
22. Cuál de los siguientes incisus corresponde al sistema respiratorio del un insecto.	16. Escoge el inciso correcto acerca de los factores que influyen en el pH intracelular:	7. Marca el nombre del gas que se está transfiriendo del alvéolo al capilar pulmonar
	17. Estos organismos usan un fluido continuo a través del cuerpo hueco, como estrategia adaptativa para resolver el aporte adecuado de oxígeno a todas las células:	9. En el caso de una situación de hipoxia prolongada, elige cual de ellos es una respuesta a largo plazo:
	18. Es una estructura respiratorias de los Teleosteos	10. Si un mamífero que normalmente vive a nivel del mar, se desplaza a un lugar con altura de 5000 m por encima del nivel del mar, y permanece por largo tiempo en esta atmósfera baja en el nivel de PO ₂ . ¿Qué ocurre? Marca el inciso correcto
	21. ¿Por que los insectos tienen un transporte de gases más rápido hacia las células que el resto de los animales que tienen respiración pulmonar?	15. Escoge el inciso en donde estén ordenados los eventos que suceden durante una Acidosis respiratoria.
	23. ¿Qué señal principal estimula positivamente a los quimiorreceptores del centro respiratorio medular?	25. Lo siguiente es cierto para ambientes acuáticos:
	26. ¿Que mecanismos utilizan los animales de respiración aérea para proporcionar oxígeno al sistema nervioso central durante el buceo?	

13. PREGUNTAS SELECCIONADAS PARA EL TEST FINAL APLICADO

Facultad de Ciencias ** Evaluación de la aplicación del CD Multimedia "Fisiología Respiratoria"

Biología de los Animales II 2004-2

NOMBRE: _____

e-mail: _____

Mi percepción sobre el CD Multimedia con Resolución de Problemas como modelo instruccional es:

Me gustó mucho	Me gustó	Sin opinión	No me gustó	Me desagradó mucho.
----------------	----------	-------------	-------------	---------------------

Creo que Resolución de Problemas como modelo instruccional puede potenciar y estimular mis habilidades de pensamiento.

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
-----------------------	------------	-------------	---------------	--------------------------

Creo que la clase de discusión en el aula me ayudó a aprender fisiología respiratoria de los animales desde un enfoque comparativo.

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
-----------------------	------------	-------------	---------------	--------------------------

Mi percepción sobre la clase de discusión en el aula fue:

Me gustó mucho	Me gustó	Sin opinión	No me gustó	Me desagradó mucho.
----------------	----------	-------------	-------------	---------------------

Creo que el CD Multimedia con Resolución de Problemas como modelo instruccional aumentó mi interés en aprender fisiología animal comparada:

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
-----------------------	------------	-------------	---------------	--------------------------

Creo que el CD Multimedia con Resolución de Problemas como modelo instruccional mejoró mi aprovechamiento en fisiología animal comparada:

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
-----------------------	------------	-------------	---------------	--------------------------

Creo que el CD Multimedia con Resolución de Problemas como modelo instruccional me ayudó a Ingrar las siguientes habilidades científicas:

Observación	Análisis	Pensamiento	Creatividad	No me ayudó	Otro _____
-------------	----------	-------------	-------------	-------------	------------

Por favor escribe cualquier comentario u opinión relativo al CD Multimedia con Resolución de Problemas como modelo instruccional.