

POR QUÉ ES NECESARIA UNA DIDÁCTICA DE LA BIOFÍSICA

WHY NEED A DIDACTIC OF BIOPHYSICS

Juan Carlos Muñoz¹, María Vales Flores², Roberto Cassibba³

^{1,2,3} Instituto de Ciencias de la Rehabilitación y el Movimiento
Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)

^{1,3} Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF)

^{1,2} Universidad Favaloro

profjcm@hotmail.com

Recibido 30/03/2012; aprobado 05/11/2012

La Biofísica es una disciplina que tiene un gran alcance y que se estudia en una gran cantidad de carreras de nivel superior. Médicos, terapeutas, bioingenieros, kinesiólogos, biólogos, físicos médicos, ortoprotesistas, sólo para mencionar algunas especialidades, han de realizar estudios de Biofísica durante su formación. Entendiendo que la Biofísica no es ni la unión, ni la intersección ni la diferencia de la Física con la Biología, en el presente trabajo exponemos algunas razones por las que consideramos apropiada y necesaria una Didáctica de la Biofísica, diferenciándola de la Didáctica de las Ciencias Físicas y de la Didáctica de las Ciencias Biológicas. Una didáctica específica que aborde temas y problemas, de una manera novedosa y no como meras aplicaciones físicas o biológicas, es fundamental para la enseñanza y el aprendizaje de la Biofísica. Considerando la relevancia del análisis de gráficos en carreras como las referidas, mostramos cómo es tratada esta temática en libros de texto usados habitualmente en Biofísica. Asimismo, desde una perspectiva didáctica que pretende tomar integradamente aspectos físicos y biológicos, exponemos por qué el análisis de gráficos no puede reducirse a una interpretación puramente matemática ni metodológica del fenómeno involucrado, como tampoco a una interpretación exclusivamente física o biológica. Finalmente, presentamos una propuesta integradora desde una concepción sustentada en una incipiente Didáctica de la Biofísica.

Palabras clave: Didáctica de la Biofísica, necesidad, relevancia, novedad.

Biophysics is a discipline studied in a large number of top colleges and universities. Doctors, therapists, bioengineers, physical therapists, biologists, medical physicists, orthoprothetic, just to name a few specialties, should do a Biophysics course during their academic training. Understanding that Biophysics is neither the union of Physics and Biology, nor the intersection or difference of them, this paper presents some reasons why we consider appropriate and necessary a new discipline called Didactic of Biophysics. A specific didactic to solve issues and problems, not as mere physical or biological applications, it is essential for teaching and learning of Biophysics. Considering the relevance of graphs analysis in careers such as the aforementioned, we show how this subject is treated in textbooks commonly used in Biophysics. Also, from an educational perspective that pretends to take an integrated physical and biological vision, we discuss why the analysis of graphs can not be reduced to a purely mathematical or methodological interpretation of the phenomenon involved, nor to a purely physical or biological. Finally, we present an integrative proposal from a conception supported by an incipient Didactic of Biophysics.

Keywords: Didactic of Biophysics, teaching of Biophysics, necessity, relevance, novelty.

INTRODUCCIÓN

En un artículo anterior [1] hemos mostrado que efectivamente existe una gran distancia entre lo que significa plantear un problema de Física Aplicada a procesos biológicos y un problema propio de la Biofísica, y cómo en general la bibliografía utilizada en clases de Biofísica se reduce a determinado estereotipo de problemas fundamentalmente de Física. En dicho artículo presentamos también nuestra posición acerca de la naturaleza de la Biofísica, diferenciándonos de quienes la consideran una rama de la Física, la Físico-Química o la Biología. A estas

cuestiones nos falta puntualizar aquellas que hacen que esta disciplina requiera de una didáctica específica. Siendo el análisis de gráficos una tarea tan fundamental en ciencias, nos proponemos exponer las razones de la necesidad de una Didáctica de la Biofísica a partir del tratamiento y la importancia que se da al análisis de gráficos en textos de Biofísica, mostrando que, en general, éste es insuficiente para los requerimientos del alumnado de carreras relacionadas con las Biociencias.

OBJETIVOS

1. Indagar en libros de texto pre-universitarios y universitarios utilizados en cursos de Biofísica, el tipo de planteamiento presentado para el abordaje de problemas de Biofísica que incluyen análisis de gráficos.
2. Describir qué tipo de preguntas, situaciones problemáticas y ejercicios se plantean en los libros de texto en referencia al análisis de gráficos.
3. Establecer si efectivamente se manifiesta, en los problemas y ejercicios presentados en dichos libros, un reduccionismo de la Biofísica a la Física Aplicada.
4. Presentar una situación problemática integradora de contenidos de Biofísica para ser trabajada por los alumnos, que no se reduzca al análisis exclusivo de aspectos propios de la Física ni de las Ciencias de la Vida
5. Proponer la construcción de un espacio propio para una Didáctica de la Biofísica, no subsumida a las Didáctica de la Física o de la Biología.

HIPÓTESIS

Los gráficos presentes o solicitados en las guías de ejercitación de libros de texto universitarios y pre-universitarios, recomendados y/o utilizados en cursos de Biofísica, ponen en evidencia una serie de falencias y limitaciones que permiten establecer la necesidad de una Didáctica Específica, que tenga por finalidad la investigación y el mejoramiento de las condiciones teóricas y prácticas en torno al aprendizaje y la enseñanza de la Biofísica.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la realización de este trabajo, y con el fin de contrastar empíricamente la hipótesis propuesta, se tomó una serie de 11 libros de texto universitarios y pre-universitarios que se emplean o recomiendan habitualmente en cursos regulares de Biofísica, tanto en universidades como en institutos de formación superior, tal cual hemos mostrado en nuestro trabajo anterior [1]

Hemos seleccionado ejercicios/problemas de las guías de ejercitación de los diferentes libros a partir de una clasificación en dos categorías, a saber: por un lado ejercicios que presentan gráficos como parte de su enunciado, y por el otro aquellos que no los presentan pero que exigen su realización. A efecto de su diferenciación, los hemos denominado
a) ejercicios con gráficos (Ver ANEXO I)
b) ejercicios sin gráficos (Ver ANEXO II)

Asimismo, los problemas-ejercicios elegidos son los que consideramos más completos de cada libro, de tal manera de no ocultar información, aunque estos ejercicios sean excepcionales en la bibliografía correspondiente.

Finalmente, con el fin de determinar qué datos presentan los gráficos mostrados o solicitados y cuál es la información que se pide obtener, en otras palabras, cuál o cuáles son las problemáticas específicas a resolver, diseñamos un cuestionario cuyas respuestas pueden ser estadísticamente cuantificables y comparables.

RESULTADOS *a) Ejercicios con gráficos incluidos en el enunciado:*

Características de los problemas/ejercicios con gráficos	Dávila [2]	Cromer [3]	CBC [4]	Le Veau [5]	Kane [6]	Giancoli [7]	Gowitzke [8]
1. Utiliza lenguaje de la Física							
2. Utiliza lenguaje de las Biociencias							
3. Plantea preguntas/problemas de la Física							
4. Plantea preguntas/problemas de las Biociencias							
5. Presenta preguntas cuantitativas							
6. Presenta preguntas cualitativas							
7. El gráfico representa una situación real							
8. El gráfico representa una situación estadística							
9. Se pide realizar otro gráfico, además del dado							
10. Se pide analizar cualitativamente el gráfico completo o regiones							
11. Se pide resolver el problema a partir de datos numéricos del gráfico							
12. Se pide establecer la forma funcional o una ecuación representativa							
13. Se piden relaciones u otras aplicaciones al cuerpo humano o a la vida cotidiana.							
14. Presenta alguna pregunta de metacognición							

Tabla I: Características de problemas con gráfico según autor. En verde presenta la característica mientras que en rojo no la presenta

- La amplia mayoría de los ejercicios presenta los gráficos planteándose preguntas o problemas de la Física, pero ninguno sobre aspectos no físicos, entre los que podríamos mencionar los biológicos, anatómicos, fisiológicos, clínicos, etc.

- Sólo un gráfico representa una situación real, y en ningún caso se pide analizar si la situación representada puede ser real o no, ni considerar como posibilidad que algunas curvas podrían obtenerse a partir de métodos estadísticos. Fundamentalmente se trabaja en condiciones ideales e irreales, evitando involucrarse en análisis de situaciones relevantes que contactan con el mundo real y las ciencias de la vida. En ningún caso se solicitan otras aplicaciones al cuerpo humano o a la vida cotidiana.

- Todos los gráficos pueden ser interpretados y los ejercicios completamente resueltos sin conocimientos propios de las ciencias de la vida.

Incluso, en muchos casos, sin el conocimiento y comprensión de conceptos físicos involucrados, hasta tal punto que podrían resolverse perfectamente conociendo algunas propiedades matemáticas que permiten leer valores numéricos de un gráfico, y posteriormente reemplazando dichos datos en fórmulas establecidas por la Física.

- En la misma línea que lo anterior, sólo en un caso se pide un análisis cualitativo del gráfico, como si la única información relevante que puede entregar un gráfico fuera cuantitativa.

- Tampoco se solita establecer algún tipo de relación matemática, ni reconocer alguna función ni proponer alguna ecuación a partir de las gráficas ni de los datos.

- No hay en ningún caso preguntas que generen metacognición por parte de los alumnos.

b) Ejercicios sin gráficos incluidos en el enunciado y que solicitan su realización:

Características de los problemas/ejercicios sin gráficos	CBC [4]	Cromer [3]	Jou [9]	Cussó [10]	Kane [6]	Luttgens [11]	Parisi [12]
1. Utiliza lenguaje de la Física							
2. Utiliza lenguaje de las Biociencias							
3. Plantea preguntas/problemas de la Física							
4. Plantea preguntas/problemas de las Biociencias							
5. Presenta preguntas cuantitativas							
6. Presenta preguntas cualitativas							
7. Se pide realizar un gráfico de una situación real							
8. Se pide realizar un gráfico a partir de cálculos							
9. Se pide realizar un gráfico cualitativamente							
10. Se pide analizar qué representa el gráfico, regiones o puntos del mismo.							
11. El gráfico pedido representa una situación estadística							
12. Se pide establecer la forma funcional o una ecuación representativa							
13. Se piden relaciones u otras aplicaciones al cuerpo humano o a la vida cotidiana.							
14. Presenta alguna pregunta de metacognición							

Tabla II: Características de problemas sin gráfico según autor. En verde presenta la característica mientras que en rojo no la presenta

- Bajo esta categoría (sin gráficos) pueden observarse muchas similitudes con el caso anterior. La amplia mayoría de los ejercicios plantea preguntas o problemas de la Física, pero sólo uno hace referencia a cuestiones propias de las ciencias de la vida [12]. Tampoco se solicita analizar si la situación representada puede ser real o no. No se piden otras aplicaciones al cuerpo humano o a la vida cotidiana, mientras que los requerimientos son mayoritariamente de tipo cuantitativo, con pocos casos en lo cualitativo.

Excepcionalmente se pide realizar un gráfico a partir de datos obtenidos mediante métodos estadísticos.

- Consideramos importante destacar que en un caso (y sólo en uno) se pide asignar alguna ecuación o forma funcional al gráfico. [4]

- Al igual que en la categoría anterior, en ningún caso hay preguntas que generen metacognición. En general, no encontramos diferencias significativas en el modo de proponer ejercicios para ambas categorías.

DISCUSIÓN

A partir del análisis realizado queda en evidencia el lugar reducido que se le otorga a la realización, lectura, comprensión y análisis de gráficos en Biofísica. Muchas razones podrían argüirse para este hecho: marcado predominio de una ciencia sobre otras, por ejemplo la Física sobre la Biología o viceversa, con la respectiva sumisión epistemológica de la Biofísica como rama de alguna de aquellas, aceptación implícita (o explícita) de que los gráficos contienen información de lectura y comprensión directa por parte de cualquier lector, o que en todo caso el problema interpretativo es simplemente metodológico y se reduce a “enseñar el método correcto y universal de lectura y análisis de gráficos, independientemente del contenido”, entre otras.

Particularmente, no tener en cuenta gráficas construidas estadísticamente es comprensible desde una perspectiva que no considera los casos reales. Pero esto se ve agravado por tratarse de una disciplina que se refiere a procesos biológicos cuyos resultados -en la mayoría de los casos- no pueden ser asignados a individuos puntuales sino que son de naturaleza estadística, como podrían ser patrones de patologías, efectos de las radiaciones sobre distintas regiones del cuerpo humano, límites de fracturas de huesos, frecuencia cardíaca o respiratoria, etc. El único texto que propone construir un gráfico estadístico -dentro de las guías que no son propiamente de Estadística- es el de Lutgens y Wells [11]

Por otro lado, es interesante destacar como un aspecto positivo la forma en la que Giancoli [7] aprovecha un mismo gráfico para plantear preguntas y problemas diferentes dentro de una misma guía de ejercitación, proponiendo de esta manera ejercicios cortos y específicos que respetan el formato propuesto para el libro de texto, manteniendo su homogeneidad y tal vez evitando el posible alejamiento de los alumnos de su ejercicio que consideran muy largo para dedicarse a su resolución. Sin embargo, como contrapartida, esta falta de unificación podría también generar el salteo de algunos ejercicios referidos al gráfico que fueran importantes, y la pérdida de una posibilidad de integración y comprensión no sólo específica sino también global de la situación, aspecto éste último muy relevante en ciencias.

Por su parte, el texto del CBC (UBA) [4] en el cual encontramos planteado un ejercicio que tiene por objetivo el análisis profundo de un gráfico en forma integradora, mediante la propuesta de una larga actividad (con muchos y valiosos ítems) que requiere resolver especificidades, relaciones y analizar una globalidad al mismo tiempo. Consideramos que la pérdida de homogeneidad con respecto al resto de la guía de ejercitación termina por ser ampliamente superada por la posibilidad de comprensión relacional y global que permite dicho análisis. Lamentablemente el problema propuesto no responde a una situación

estrictamente biofísica sino fundamentalmente física, lo que no invalida la propuesta sino que expone nuevamente una necesidad -en general no cubierta- de la construcción de una didáctica específica que trabaje en torno a estas problemáticas.

Finalmente es importante decir también que, en la amplia mayoría de los textos seleccionados, sí existe una gran cantidad de gráficos que representan situaciones reales (y propias de la Biofísica) a lo largo de los desarrollos teóricos de los diversos capítulos y temáticas tratadas, y que en muchos casos son descritos y analizados en profundidad. Lo que discutimos aquí no es la ausencia de gráficos ni su utilización académica como fuente teórica, sino la casi inexistencia de tratamiento didáctico de los mismos y la presunción -conciente o no- de que es innecesario un trabajo didáctico al respecto, tanto desde el lado del autor, como por parte del docente y de los alumnos.

Por ello estamos convencidos de que una Didáctica específica podría resolver una gran cantidad de las cuestiones en torno a esta problemática: plantear y abordar el análisis desde la Biofísica y no simplemente desde la Física o la Biología, valorizar el papel de la representación de datos reales, considerar la relevancia de aspectos cualitativos, hacer visible que conocer palabras no significa comprender los conceptos involucrados [13], relacionar con fenómenos o situaciones de la vida cotidiana y del cuerpo humano, establecer relaciones funcionales entre las variables, etc.

CONCLUSIONES

La interpretación y construcción de gráficos forma parte de la cultura que todo ciudadano ha de tener para posicionarse críticamente ante la sociedad de la información, pero la simplicidad del lenguaje gráfico es aparente [14].

Entendemos que interpretar un gráfico de física no es igual que interpretar otro de fisiología. Ciertamente que existen características generales, pero nada garantiza que entender un gráfico de Física Nuclear implique comprender la información contenida en un gráfico de Fisiología Urinaria. Esto se debe, entre otras razones, a la necesidad de disponer ciertos conocimientos previos sobre lo que el gráfico trata. Si así no fuera, para interpretar un gráfico de una disciplina específica alcanzaría con reconocer exclusivamente los parámetros matemáticos involucrados: dominio, máximos, mínimos, crecimiento, pendiente, asíntotas, concavidad, etc. Con esto no queremos decir que una correcta y completa lectura matemática no sea necesaria ni aporte información relevante, pero tampoco toda la información presente en un gráfico se reduce a ello. Es imprescindible, además, dominar el contenido disciplinar.

Por otra parte, consideramos que aprender a leer, comprender, interpretar y realizar gráficos no es un hecho que se da en forma natural, ni una serie de habilidades que se adquieren espontáneamente [14], y que por lo tanto no es independiente de la enseñanza de este tipo de habilidades. Al contrario, estamos convencidos de que estas acciones en torno a los gráficos requieren de instrucción y formación previa, no sólo para leer la información que estos contienen, sino fundamentalmente para poder garantizar que las conclusiones y extrapolaciones que se obtengan a partir de los mismos sea válida y fiable.

Por lo expresado, el trabajo con gráficos es una acción que requiere enseñanza específica para su aprendizaje. A los alumnos de carreras en Ciencias de la Vida no les alcanza con saber analizar variables físicas a partir de un gráfico de Biofísica de membrana, como tampoco extraer datos sin saber analizar funcionalmente la relación entre las variables. Esta es una razón más para defender la necesidad de una enseñanza específica de la Biofísica.

Finalmente; exponemos 10 razones (entre las muchas posibles) en las que sustentamos **por qué es necesaria una Didáctica de la Biofísica:**

1. El alumno no es una tabula rasa. La simple visión de una imagen o de una palabra escrita no las impregna en la mente del estudiante, y menos aún su significado o múltiples posibles significados. Puntualmente, es de destacar la poca preocupación que se observa -en los libros de texto seleccionados- por el análisis de gráficos. Para que el alumno aprenda a interpretarlos es necesario invertir tiempo y esfuerzos en un trabajo didáctico. No alcanza con mostrar y describir gráficos, se requiere de una planificación específica previa.

2. No todos los alumnos están preparados para interpretar información gráfica. Es necesario enseñar a interpretar, y enseñar a hacerlo críticamente.

3. La Biofísica es una disciplina importante para todo ciudadano que pretende comprender y posicionarse críticamente ante la sociedad en la que vive y en el mundo, siendo de fundamental relevancia en temas referidos a la calidad de vida, la contaminación ambiental, el cuidado de la salud, los beneficios, riesgos e inconvenientes implicados en desarrollos científico-tecnológicos, su relación con la Política, etc. Por estas razones su enseñanza es imprescindible.

4. Ser experto en Biofísica no implica necesariamente saber cómo facilitar el aprendizaje de esta disciplina a los alumnos [15] [16]. Para ello es necesario reconocer problemáticas propias de esta rama del conocimiento, que dificultan el aprendizaje de los alumnos y su enseñanza por parte de los docentes a cargo. Sólo mediante una investigación didáctica específica es posible conocer y plantear respuestas a estos problemas específicos.

5. Precisar qué saben los alumnos sobre Biofísica, cuáles son sus conocimientos previos, sus errores más comunes, cuáles son sus prejuicios, sus intereses y actitudes frente a esta disciplina, el lugar de la Biofísica en el diseño curricular, sus campos de aplicación, entre otras cuestiones, es sumamente necesario para saber mejorar la calidad de la enseñanza y de los aprendizajes en Biofísica.

6. La importancia que tiene que el alumnado se encuentre desde el inicio de su formación con ejercicios/problemas (con y sin gráficos) que le permitan comprender conceptos propios de las Ciencias de la Vida, mediante la cuantificación pero también por medio de análisis cualitativos, que no se reduzcan a la aplicación mecánica de fórmulas o de respuestas memorísticas, y que den espacio para el tratamiento de situaciones reales y propias de la Biofísica. El diseño y realización de este tipo de actividades así como la secuencia en la que se presentan es propio de una didáctica específica.

7. Existen diferencias entre la Física y la Biología, así como entre los procesos de enseñanza y aprendizaje de las mismas. Por ello, también existen la Didáctica de la Física y la Didáctica de la Biología. Pero la Biofísica no es la unión, ni la intersección ni la diferencia de la Física con la Biología, y por lo tanto sus problemáticas educativas también son diferentes y requieren de formulaciones y análisis específicos. Como hemos mostrado a lo largo del presente trabajo y de otro anterior [1], la Didáctica General es insuficiente para responder a necesidades particulares que plantea la educación en Biofísica, pero a la vez tampoco son suficientes Didácticas específicas de Física y de Biología.

8. Una Didáctica de la Biofísica puede colaborar en el establecimiento de relaciones con otros campos de conocimiento, como la Historia de la Ciencia y en particular de la Biofísica, la Filosofía, la Psicología, la Didáctica General, la Didáctica de la Física y la didáctica de la Biología, la Epistemología de la Biofísica, etc.

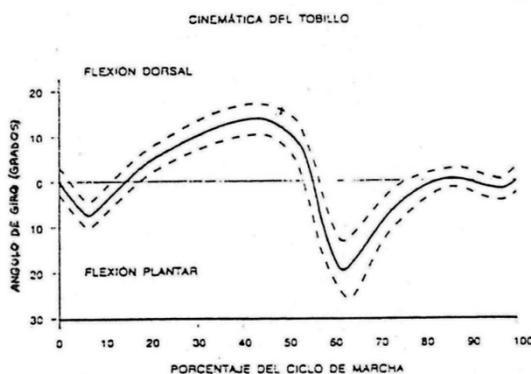
9. Fomentar la investigación en torno a la enseñanza y el aprendizaje de Biofísica, su divulgación científica, la formación docente adecuada, la producción de textos y softwares apropiados, el acercamiento de esta disciplina a la educación escolar, y a la sociedad en general, son aspectos relevantes de una Didáctica de la Biofísica.

10. Generar un espacio que promueva la formación de futuros profesionales en el área de la Biofísica, tanto para trabajar en empresas y en forma particular, como también en docencia e investigación, pilares del desarrollo científico-tecnológico de un país.

Nuestra propuesta: un ejemplo en Biomecánica

A continuación exponemos una serie de preguntas problematizadoras en torno a un gráfico de cinemática de la articulación del tobillo durante la marcha normal, tratado desde una perspectiva didáctica y referido a contenidos propios de la Biofísica:

ANÁLISIS GRÁFICO DE LA CINEMÁTICA DE TOBILLO



Responder las preguntas y “justificar” todas las respuestas dadas a partir del gráfico que se presenta a continuación:

- 1- Qué representa el gráfico de la cinemática del tobillo? Cuál es la articulación específica involucrada? ¿En qué plano anatómico se muestra el gráfico?
- 2- ¿Qué variables se están tomando en cuenta? ¿en qué unidades se miden?
- 3- A partir de la curva: deducir cuál es el ángulo que se midió para obtener esta gráfica. ¿Cuál es el ángulo cero? Indicarlo en un dibujo mediante el modelo segmentario de la extremidad inferior.
- 4- ¿Por qué los valores angulares debajo del eje horizontal son positivos? ¿Deberían ser negativos?
- 5- ¿Cuál es el rango total de movimiento angular?
- 6- ¿Qué representan las líneas punteadas?
- 7- ¿Cuál es el ángulo de giro articular en el momento del contacto inicial?
- 8- ¿Cuántos son los puntos extremos presentes en el gráfico?
- 9- ¿Qué representa cada uno de los puntos extremos?
- 10- ¿Cuál es el valor del máximo absoluto de flexión dorsal y en qué porcentaje del Ciclo de Marcha (CM) ocurre?
- 11- ¿Cuál es el valor del máximo absoluto de flexión plantar y en qué porcentaje del Ciclo de Marcha ocurre?
- 12- ¿Entre qué porcentajes del CM el tobillo se encuentra flexionado plantarmente? ¿Cómo se da cuenta a partir del gráfico?
- 13- ¿Entre qué porcentajes del CM el tobillo se encuentra flexionado dorsalmente?
- 14- Señalar todos los “movimientos” de flexión plantar y de flexión dorsal.

- 15- ¿Entre qué porcentajes del CM ocurre el mayor movimiento de flexión plantar?
- 16- ¿Entre qué porcentajes del CM ocurre el mayor movimiento de flexión dorsal?
- 17- ¿En qué valores del CM el tobillo se encuentra en posición neutra? ¿Se encuentra el pie detenido instantáneamente en alguno de dichos valores?
- 18- ¿En qué intervalo se produce la flexión de mayor rapidez angular media? ¿Es en dirección plantar o dorsal?
- 19- ¿En qué puntos la velocidad angular es cero? Relacione con la pendiente de la recta tangente a la curva dada.
- 20- ¿En qué intervalo del CM ocurre la máxima aceleración angular media?
- 21- Describir cualitativamente el movimiento relacionándolo con las distintas fases del CM: ¿Qué movimientos angulares realiza el pie durante el proceso? Por ejemplo: El pie se encuentra inicialmente a unos X grados, luego flexiona plantar/dorsalmente hasta alcanzar unos Y grados en Z porcentaje del CM, con un movimiento de flexión plantar/dorsal predominante en la fase TAL del CM., etc.
- 22- Realice el movimiento completo que observa en el gráfico, desde una posición sedente con el pie dominante en el aire (sin apoyarlo en el suelo)
- 23- Suponiendo que el tiempo empleado en realizar una zancada (o ciclo de marcha) es de 1,00 segundo (= 1000 mseg): determinar el valor de la rapidez angular media en cada movimiento de flexión plantar y flexión dorsal donde la velocidad angular es aproximadamente constante. Explique cómo lo hizo y qué aproximaciones utilizó.
- 24- Calcular el valor de la aceleración media al pasar de la primera flexión plantar a la primera flexión dorsal. Explique cómo lo hizo y qué aproximaciones utilizó.
- 25- Realice cualitativamente los gráficos aproximados de velocidad y aceleración angular en función del tiempo.

A partir del gráfico de cinemática es posible analizar, deducir y explicar aspectos funcionales y musculares como los siguientes:

- 26- ¿En qué porcentaje del CM comienza el rodillo del tobillo (2° rodillo del pie)? ¿Cómo se da cuenta a partir del gráfico de cinemática de la articulación?
- 27- ¿En qué valor del CM despegar el pie del suelo? ¿Cómo podría deducirlo sin conocer el Modelo de Perry?
- 28- ¿A qué se debe el rápido movimiento de flexión dorsal posterior al 60% CM? ¿Qué músculo, principalmente, está produciendo este movimiento? ¿Bajo qué tipo de contracción muscular (concéntrica, excéntrica o isométrica)?

- 29- ¿A qué se debe la leve ondulación angular al final del Ciclo? ¿Qué músculo está ejerciendo principalmente esta acción? ¿Su contracción es concéntrica, excéntrica o isométrica? (Si es necesario divida el movimiento en partes).

Otras aplicaciones:

- 30- Grafique cualitativamente la cinemática del tobillo en el caso de un amputado que camina con un pie protésico sin articulación de tobillo.
- 31- Compare la marcha normal y en equino. Represente esta situación de forma aproximada y cualitativamente en un gráfico de cinemática angular del tobillo a lo largo de un ciclo de marcha.
- 32- Grafique la cinemática de tobillo en el caso de una marcha que presenta una flexión dorsal exagerada. Idem con flexión plantar exagerada. Explique diferencias entre ellas y con marcha normal.
- 33- Grafique la cinemática de flexo-extensión de rodilla en un ciclo de marcha normal. Señale el ángulo tomado para su representación.
- 34- ¿En qué imagina que se podrían emplear este tipo de gráficos? Busque información sobre aplicaciones reales en las que se los utilice.
- 35- Busque información acerca de los procedimientos para obtener estos gráficos articulares en un laboratorio de marcha.
- 36- Investigue en qué instituciones del país se dispone equipamiento específico para realizar este tipo de estudios y con qué fines

Aspectos metacognitivos del alumno/alumna:

- 37- ¿Cuáles son las dificultades que encontró en la interpretación del gráfico?
- 38- Si le fue difícil la interpretación: ¿a qué considera que se debe?
- 39- ¿Qué pregunta/s podría proponer que no se encuentren entre las presentadas?
- 40- Discuta todas las respuestas con algunos compañeros/as. ¿Qué semejanzas y diferencias encuentra? ¿Percibió algún error suyo o de otro? Si es así, mencione alguno.
- 41- Prepare por escrito (en grupo) una serie de preguntas para entregar al docente sobre aquellos puntos que no han quedado lo suficientemente claros o sobre los que quisiera profundizar.
- 42- Realice en grupo un esquema conceptual (mapa, red, cuadro sinóptico,...) mediante la selección de conceptos relevantes y especificando relaciones entre los mismos.
- 43- Escriba -en forma individual y anónima para entregar al docente- su opinión sobre esta actividad de análisis del gráfico.

CONSIDERACIONES FINALES

Somos conscientes de que una guía de problemas/ejercicios consta de una cantidad apreciable de ellos, y que un único problema tan extenso, como el propuesto por nosotros, podría no responder a las necesidades editoriales, del autor, de los docentes o de algunos alumnos. Pero también estamos convencidos de que realizar una gran cantidad de ejercicios/problemas numéricos, o preguntas aisladas, no implica necesariamente un aprendizaje significativo. No es la cantidad de ejercitación lo que determina el aprendizaje. Es fundamental comprender el problema tanto en lo global como en lo particular y específico, de tal forma de promover la construcción y la profundización de mayor cantidad de relaciones cognitivas significativas. El significado de un concepto depende del contexto y de otros conceptos con los que puede relacionarse.

En última instancia, nuestra propuesta pretende poner en evidencia que un problema “real” y concreto de Biofísica contiene una gran cantidad y variedad de situaciones problemáticas, que permiten un abordaje desde diferentes focos de análisis, mediante preguntas, cálculos, gráficos, esquemas, aplicaciones, metacognición, etc.

Al mismo tiempo, nuestra experiencia en el trabajo con este tipo de actividades nos muestra que favorece el aprendizaje conceptual, analítico y aplicativo; y que los alumnos en general nos solicitan una mayor cantidad de problemas de este tipo. En general admiten que les demanda un tiempo mayor de elaboración, pero que lo recuperan al momento de realizar ejercicios/problemas de las guías de los libros de texto recomendados. En un futuro trabajo, pensamos formalizar estos comentarios que suelen hacernos los alumnos/as.

Aunque somos partidarios de este tipo de forma de presentar un problema, no la defendemos como única recomendable. Al contrario, una diversidad de propuestas y formatos nos parece lo más adecuado. Entendemos, también, que en los libros de texto pueden intercalarse preguntas referidas a una misma problemática en distintos ejercicios/problemas a lo largo de la guía, adaptar e incluso producir otras nuevas de acuerdo a los contenidos que se abordan, tal como se observó en el texto de Giancoli.

Dejamos para un posterior trabajo, desde una visión propia de una Didáctica de la Biofísica, el análisis de imágenes y esquemas gráfico-semánticos presentes en libros de texto de Biofísica

Finalmente, tenemos claro que a partir del análisis didáctico de gráficos –efectuado sobre diferentes textos- no se deduce por vía de la lógica aristotélica la necesidad de una Didáctica de la Biofísica. Sin embargo, consideramos que al desenmascarar una gran cantidad de inconsistencias e insuficiencias en su tratamiento didáctico, las consecuencias que de esto se

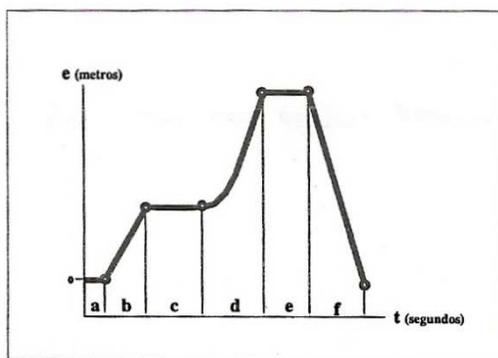
derivan y algunos presupuestos en los que se sustentan, permiten comprender que enseñar y aprender Biofísica

requiere de una especificidad propia, no subsumida a la enseñanza de la Física ni de la Biología.

Referencias

- [1] J.C. Muñoz, M. Vales, R. Cassibba. "Hacia una Didáctica de la Biofísica. Distancia en el planteamiento de problemas de Física Aplicada y de Biofísica. Una propuesta en Biomecánica". En: *Libro de resúmenes de la 95° Reunión Anual de la AFA*. 2010.
- [2] M. Gutiérrez Dávila. *Biomecánica deportiva*. Primera reimpresión. Síntesis. Madrid. 1999.
- [3] A. Cromer. *Física para ciencias de la vida*. Tercera reimpresión. Editorial Reverté. 1998.
- [4] S.A. Reich, A.M. Rela, J.B Sztrajman y col. *Física e Introducción a la Biofísica*. UBA-CBC. 2001
- [5] B. Le Veau. *Biomecánica del movimiento humano*, de Williams y Lissner. Editorial Trillas. 1991
- [6] J.W. Kane y M.M. Sternheim. *Física*. Segunda Edición. Editorial Reverté. 2004
- [7] D. Giancoli. *Física, principios con aplicaciones*. 4° ed. Prentice Hall Hispanoamericana. México. 1997.
- [8] B.Gowitzke y M Milner. *El cuerpo y sus movimientos. Bases Científicas*. Medicina deportiva. Paidotribo.
- [9] D. Jou, J.E. Llebot, C. Pérez García. *Física para ciencias de la vida*. Mc. Graw Hill. Madrid. 1999.
- [10] F. Cussó, C. López, R. Villar. *Física de los procesos biológicos*. Ariel. Barcelona. 2004.
- [11] K. Luttgens y K. Wells. *Kinesiología bases científicas del movimiento humano*. 7° ed. Grefol.1982.
- [12] M. Parisi. *Temas de Biofísica*. Mc Graw Hill Interamericana. Chile. 2004
- [13] L.R. Galagovsky y J.C. Muñoz J.C. "La distancia entre aprender palabras y aprehender conceptos. El entramado de palabras-concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación". En: *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), 29-45. Barcelona, ICE. 2002.
- [14] P. Arteaga, C. Batanero, C. Díaz, J.M. Contreras. "El lenguaje de los gráficos estadísticos". En: *Unión. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*. N°18. pp. 93-104. Junio 2009.
- [15] L.R. Galagovsky. "Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: el modelo teórico". *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), pp. 229-240. Barcelona. 2004.
- [16] L.R. Galagovsky. "Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: derivaciones comunicacionales y didácticas". *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), pp. 349-364. Barcelona. 2004.

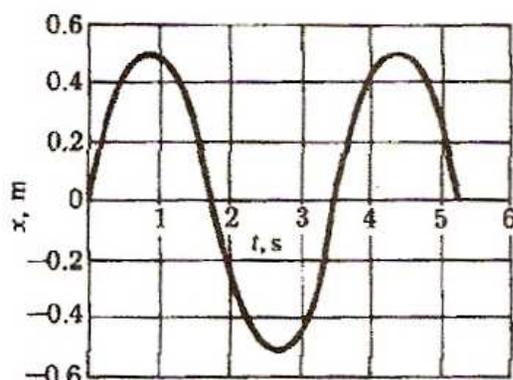
ANEXO I: Problemas con gráficos



Relátense cual habría sido el comportamiento del siguiente sujeto, teniendo en cuenta la clasificación de los movimientos en función de su velocidad.

Respuesta: En "a" esta en reposo, en "b" se desplaza alejándose a velocidad constante, en "c" vuelve a estar en reposo, en "d" se aleja a velocidad uniformemente acelerada, en "e" vuelve a estar en reposo y finalmente en "f" se aproxima a velocidad constante.

Gutiérrez Dávila, Marcos. *Biomecánica deportiva. Bases para el análisis. Madrid: síntesis. Pág. 193. (1999)*

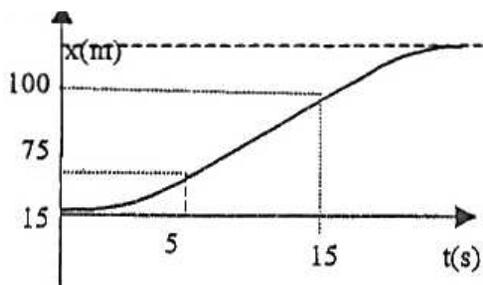


La figura es un gráfico de posición x en función del tiempo t de un objeto que realiza un movimiento armónico simple.

- ¿Cuáles son la amplitud y período de oscilación?
- ¿Cuáles son la celeridad y la aceleración máxima del objeto?
- ¿Dónde está el objeto cuando tiene la máxima aceleración positiva?

Respuesta:
a. 0,5m, 3,5s; b. 0,898m/s, 1,61m/s;
c. -0,5m

Cromer, Alan H. *Física para ciencias de la vida. Segunda edición. Pág. 92. Editorial Reverté*

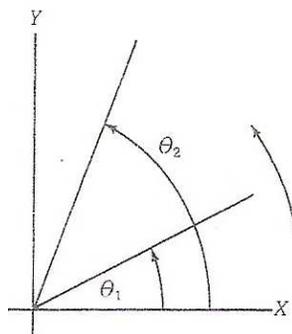


El gráfico representa en forma aproximada la posición en función del tiempo para un corredor en una carrera de 100m. Analice el gráfico y responda:

- ¿Cuál es la velocidad máxima que desarrolla?
- ¿Se detiene al llegar a la meta?
- Efectúe un gráfico aproximado de $v=v(t)$

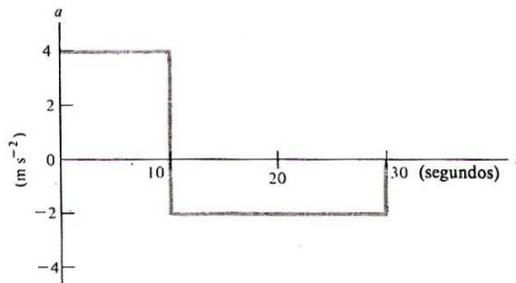
Los tramos curvos son arcos de parábola. La curva pasa por el punto (0; 0)

Reich, A. Rala, M. Sztrajman, B. *Física e Introducción a la Biofísica. Pág. 23. (2001) UBA-CBC*



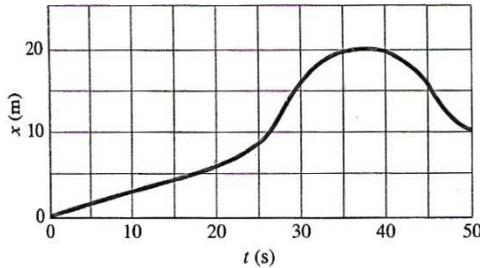
Problema 7.4: Suponga que el cuerpo mostrado en la figura forma un ángulo θ_1 de 25° con respecto al eje X y gira hasta una posición θ_2 que forma un ángulo de 68° con el eje X, ¿cuál es el desplazamiento angular del cuerpo?
Problema 7.5: Si el cambio de posición en el problema anterior ocurrió en 0.3 s, ¿cuál es la velocidad angular promedio del cuerpo?

Le Veau, Barney. *Biomecánica del movimiento humano, de Williams y Lissner. Pág. 181 Problema 7.4 y 7.5. (1991) Editorial Trillas*



Un coche parte del reposo en el instante $t=0$ y acelera como se muestra en la figura. Hallar su velocidad al cabo de (a) $t=10s$ (b) $t=30s$, (c) Dibujar la gráfica velocidad-tiempo. Dibujar la gráfica posición-tiempo correspondiente a la figura. Supóngase que el móvil parte de $x=0$

Kane, J. W. Sternheim, M. M. Física. Segunda Edición. Pág. 21 y 22. Ejercicio 1.38 1.39. Editorial Reverté.



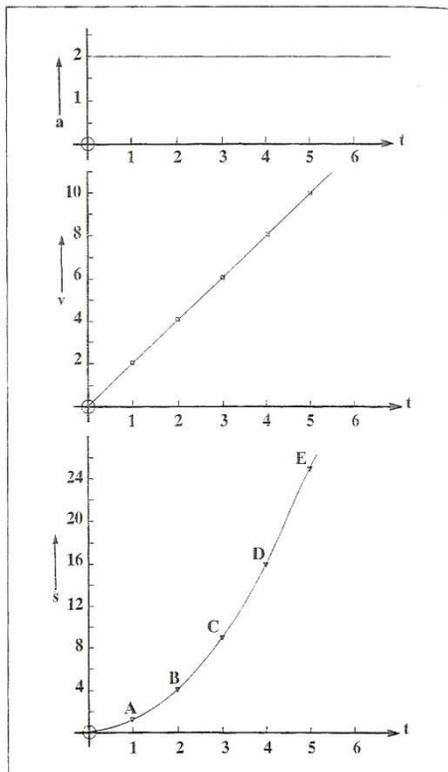
Pregunta 16: Describa en palabras el movimiento graficado en la figura [Sugerencia: Primero trate de reproducirlo caminando o moviendo la mano]

Problema 52: La posición de un conejo que corre a lo largo de un túnel recto, como función del tiempo, se grafica en la figura. ¿Cuál es su velocidad instantánea (a) cuando $t=10.0$ s y (b) cuando $t=30.0$ s? ¿Cuál es su velocidad media (c) entre $t=0$ y $t=5$ s (d) entre $t=25.0$ s y $t=30.0$ s ; y (e) entre $t=40.0$ s y $t=50.0$ s?

Problema 53: En la gráfica 2-22 (a) ¿durante cuántos períodos de tiempo, si es que los hubo, fue constante la velocidad del conejo? (b) ¿cuándo fue mayor su velocidad?, (c) ¿Cuándo fue cero, si ese fue el caso?, (d) corre el conejo en una o ambas direcciones por el túnel, durante el tiempo que se indica?

Problema 58: Trace la gráfica t-v del objeto cuyo desplazamiento como función del tiempo aparece en la figura.

Giancoli. Física, principios con aplicaciones. Pág.41 problemas 52, 53 Y 58



Ejemplo de problema de cinemática lineal: Descendiendo por una pendiente pronunciada a un ángulo θ , un esquiador experimenta una aceleración uniforme (constante). Sin embargo, esta aceleración está modificada por el ángulo de la pendiente. Obsérvese que la ecuación [horaria MRUV] tiene aplicación allí donde s es el desplazamiento descendente durante los segundos del período t ; v_0 es la velocidad inicial al principio de los segundos del período t , y a es la aceleración a lo largo de la superficie de la pendiente. Por tanto, $a = g \sin \theta$. Por consiguiente, si $a = g \sin \theta$, y si $\theta = 11,8^\circ$, entonces $a = 2m/s^2$. Por tanto se puede reducir la ecuación [Horaria MRUV] a los siguiente: $s = V_0t + t^2$

Ahora es posible resolver diferentes problemas referentes al esquiador y confirmar las respuestas con la ventaja de la figura, que tiene una aceleración de 2 unidades. Asimismo, las soluciones numéricas aparecen en el Apéndice 1.

Problema 1: Si la velocidad inicial es de $2m/s$ y el tiempo es de $2s$, hallar el desplazamiento. Se puede comprobar la respuesta consultando en la figura. En la gráfica de velocidad, en el punto de la curva en que la velocidad es de 2 unidades, el tiempo es 1 segundo.

[Más adelante se aclara:] Se pueden llevar a cabo prácticas adicionales estableciendo nuevas incógnitas. Por ejemplo:

Hallar V_0 , dados s , t y a

Hallar t , dados V_0 , s y a

Hallar a , dados V_0 , t y s ; es decir, θ se convierte en una variable

Gowitzke, Barbara A. Milner, Morris. El cuerpo y sus movimientos. Bases Científicas. Medicina deportiva. Pág. 57. Paidotribo.

ANEXO II: Problemas sin gráficos pero que solicitan su construcción

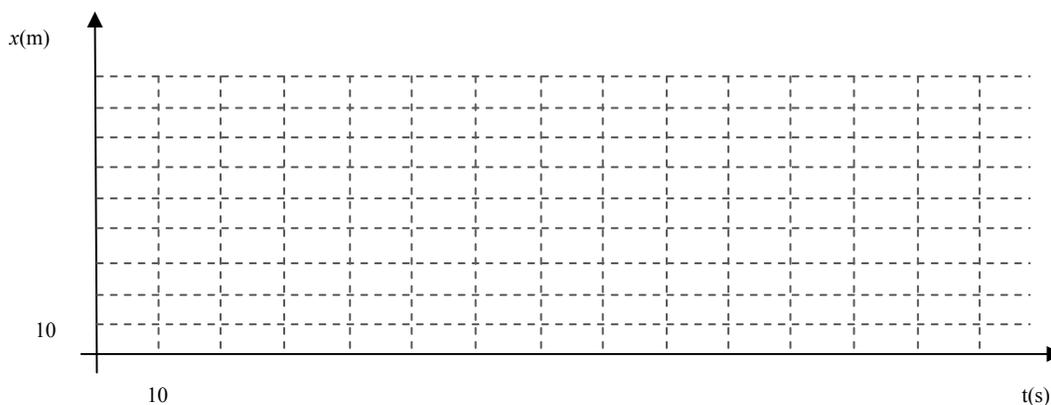
Para comprender las nociones básicas de movimientos rectilíneos, le proponemos que imagine la siguiente situación:

En la reparación de un camino recto está trabajando una aplanadora. En la tabla adjunta, con el fin de describir su movimiento, se indican sus posiciones en algunos instantes de tiempo.

t	seg	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
x	m	20	25	40	70	100	130	150	160	160	160	150	130

Le pedimos que:

- a) Represente en el sistema de ejes de la figura, los pares (tiempo, posición)
- b) Una los puntos con una curva suave, continua. Respecto a la descripción del movimiento de la aplanadora, ¿Qué significado físico tiene unir los puntos? Explique
- c) Si la aplanadora se mueve sobre un camino recto, ¿Cómo es posible que el gráfico $x=x(t)$ sea una curva?
- d) ¿Dónde estaba la aplanadora en $t=0s$?
- e) ¿entre 0 y 50seg, avanzo o retrocedió?, ¿y entre 50 y 70seg?
- f) ¿en algún instante, o en algún intervalo de tiempo la aplanadora estuvo detenida?
- g) ¿En qué instante comenzó a retroceder?
- h) ¿Entre 0 y 70seg se movió siempre del mismo modo?, o a veces se desplazó más rápido y a veces más lento? Justifique
- i) ¿Hubo alguna etapa en la que se desplazara distancias iguales en intervalos de tiempo iguales? Justifique
- j) Escriba la ecuación horaria de posición para el movimiento de la aplanadora entre 20 y 50seg.
- k) Describa con palabras cómo varió la velocidad de la aplanadora desde $t=0$ hasta $t=110$ seg.
- l) ¿Durante qué intervalos de tiempo la aplanadora aceleró (cambio su velocidad)?
- m) ¿Durante cuál o cuáles de los intervalos anteriores aumento el módulo de su velocidad (lo que en lenguaje cotidiano llamamos “aceleró”) y durante cuál o cuáles frenó? Justifique.
- n) ¿Podría afirmar que en los intervalos mencionados en el ítem l, el movimiento de la aplanadora fue rectilíneo uniformemente variado? Explique



Reich, A. Rala, M. Sztrajman, B. Física e Introducción a la Biofísica. Pág. 20. Ejercicio 1 (2001) UBA-CBC.

Dibuje un gráfico de la distancia en función del tiempo para un objeto que se mueve a una celeridad constante de 12m/s. Supóngase que $d = 0$ cuando $t = 0$

Cromer, Alan H. Física para ciencias de la vida. Segunda edición. Pág. 90. Editorial Reverté

La velocidad de un tren acelerado se puede expresar mediante la ecuación

$$v(t) = v_f \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_0}} \right)$$

Calcular la posición en función del tiempo. b) Representar gráficamente $r(t)$ y $v(t)$ en función del tiempo. c) Si $v_f = 100$ km/h y $\tau_0 = 2$ min, ¿qué distancia habrá recorrido después de un minuto de haber comenzado el movimiento?

Jou, David. LLebot, Josep E. García, Carlos P. Física para ciencias de la vida. Pág. 69. Ejercicio 6. (1994) Editorial Mc Graw Hill.

Un tren metropolitano parte de una estación con aceleración constante y al cabo de 10 s alcanza una velocidad de 72 km/h. Mantiene esta velocidad durante 2 minutos. Al llegar a la estación frena uniformemente recorriendo 200 m hasta parar: Si el movimiento que ha realizado es rectilíneo, calcular:

- 1- La aceleración en la primera fase del movimiento.
- 2- El espacio que recorre mientras acelera.
- 3- La aceleración que tiene en la última fase.
- 4- El tiempo que ha estado en movimiento.
- 5- El espacio total recorrido.
- 6- Representar la velocidad y la aceleración en función del tiempo durante todo el movimiento.

Cusso, Fernando. López, Cayetano. Villar, Raúl. Física para los procesos biológicos. Pág. 61 y 62. Problema 1.6 Barcelona. Editorial Ariel. 2004

Un corredor realiza la prueba de los 100m en 9,8s. (a) ¿Cuál es su velocidad media? (b) Como el corredor parte del reposo, su velocidad no puede ser constante. Dibujar aproximadamente su grafica posición-tiempo. Explicar las hipótesis que se hayan hecho.

Kane, J. W. Sternheim, M. M. Física. Segunda Edición. Pág. 20. Problema 1.17. Editorial Reverté.

Con la ayuda de varios condiscípulos prepare un gráfico de desplazamiento-tiempo y velocidad-tiempo de una carrera de 45,5 o 91m. Los miembros de la clase deben estar situados a intervalos de 4,50m a lo largo del espacio recorrido, con un cronómetro cada uno. Cuando se dé la salida, cada cronometrador pondrá en marcha el reloj y lo detendrá cuando el corredor pase por su frente. Prepare una tabla con los siguientes datos para cada carrera:

- a) Intervalos de distancias
- b) Tiempo de cada intervalo
- c) Tiempo de cada intervalo de 4,5m (restando el tiempo adyacente)
- d) Promedio de velocidad de cada 4,5m

$$V = s/t = 13,5 / (t_2 - t_1)$$

Por cada grupo de datos prepare un gráfico de desplazamiento – tiempo y velocidad – tiempo de toda la carrera. Describa la carrera en términos de desplazamiento, velocidad y aceleración. Compárense los gráficos de los miembros del grupo y anótese cualquier diferencia.

Luttgens & Wells Kinesiología. Bases científicas del movimiento humano. 7ª Edición CBS College Publishing. 1982. Página 328.

Para calcular el espacio extracelular se utilizó, en el mismo paciente, inulina. Se le inyectaron 1500ml de esta molécula por vía intravenosa y se le tomaron muestras del plasma a los 30, 60, 90 y 120 minutos después de la inyección. Las concentraciones de inulina medidas en el plasma fueron:

30 mn. = 80mg/l
60 mn. = 55mg/l
90 mn. = 37.5mg/l
120 mn. = 26.5mg/l

Graficar la evolución de la inulina plasmática en función del tiempo en papel milimetrado y en papel semilogarítmico. Calcular el espacio de distribución de inulina, indicador del espacio extracelular.

Parisi, Mario. Temas de Biofísica. Pág. 112 ejercicio 10. Librería Científica Dos Santos. 1992. Buenos Aires
