

Citogenética de triatominos: una herramienta útil para la enseñanza de la meiosis en el laboratorio de genética

Cytogenetic of triatomine: a useful tool for teaching meiosis in genetics laboratory

Evelyn Carolina Tineo de Rumbos

evelyntineo@gmail.com

**Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela**

Artículo recibido en abril 2016 y publicado en septiembre 2016

RESUMEN

La investigación se trazó el objetivo de diseñar y evaluar una práctica de laboratorio para enseñanza de la meiosis. Implicó una revisión bibliográfica así como el diseño y desarrollo de la propuesta titulada "Estudio citogenético de la meiosis en insectos triatominos", ésta se estructuró en tres momentos pedagógicos: introducción teórica, contenido procedimental y contenido actitudinal; su finalidad se centró en discutir aspectos citogenéticos de la meiosis y las particularidades de los cromosomas holocéntricos. La propuesta logró adecuar un protocolo citogenético al laboratorio de enseñanza de la genética, revalorando esta técnica como herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos genéticos. La evaluación reflejó una valoración positiva sobre la estructura de la práctica de meiosis y opiniones reflexivas sobre importancia de los insectos triatominos como vectores de la enfermedad de Chagas.

Palabras clave: Enseñanza de la genética; prácticas de laboratorio; citogenética

ABSTRACT

Research in order to design and evaluate a lab for teaching meiosis was drawn. It involved a literature review as well as the design and development of the proposal entitled "Cytogenetic study of meiosis in triatomine bugs", it was divided into three pedagogical moments: theoretical introduction, content procedural and attitudinal content; its purpose focused on discussing cytogenetic aspects of meiosis and the particularities of holocentric chromosomes. The lab achieved a cytogenetic protocol to

adapt teaching laboratory of genetics, reassessing this technique as a tool for teaching and learning of genetic concepts. The evaluation showed a positive assessment on the structure of the meiosis practice and thoughtful views on the importance of triatomine insects as vectors of Chagas disease.

Key words: *Teaching genetics; laboratory; cytogenetic*

INTRODUCCIÓN

La citogenética consiste en un conjunto de técnicas que permiten el estudio de los cromosomas tanto en número como en estructura (Klug, Cummings y Spencer, 2006). En el laboratorio de enseñanza de la genética se realizan montajes sencillos que permiten la visualización cromosómica de fases de la mitosis y la meiosis e incluso de cromosomas especiales como los politenos. En el campo de la investigación la citogenética es utilizada para el estudio de aspectos básicos como: número, forma, tamaño y bandeado de los cromosomas de muchas especies, lo cual es útil para el análisis de poblaciones en cuestiones complejas como las mutaciones cromosómicas, la diferenciación entre especies morfológicamente similares o con estatus taxonómico incierto (Pérez y otros 2003) o para identificar fenómenos de hibridación e introgresión de poblaciones biogeográficamente contiguas. Además tiene aplicaciones médicas en el estudio y diagnóstico clínico de síndromes asociados con anomalías cromosómicas y con enfermedades como el cáncer.

En la citogenética se requieren muestras de tejidos de los que se puedan extraer células en división celular. Es conocido el uso del meristema apical de la raíz de la cebolla (*Allium cepa*), estos tejidos jóvenes se dividen permanentemente en función de la elongación radicular y son ideales para la observación de las fases de la mitosis en las prácticas de docencia universitaria y de Educación Básica; *A. cepa* como recurso de laboratorio presenta varias ventajas para estudiar la mitosis: es fácil de conseguir, el bulbo germina rápidamente y con abundantes raicillas. Sin embargo, en el caso de la meiosis no siempre resulta sencillo lograr la observación de las fases en las sesiones de laboratorio docente; esto se debe a que la formación de gametos ocurre en células

especializadas y en momentos puntuales de la función reproductiva de los distintos organismos, hecho que amerita cierta sincronización con el momento de la sesión de laboratorio. Esta dificultad práctica ha llevado a que habitualmente la meiosis sea estudiada teóricamente a través, generalmente, de fotografías como las de las fases meióticas de plantas como el lirio (*Lilium regale*) que aparecen en los textos de Genética. Sin embargo, esta estrategia didáctica trae consigo inconvenientes pedagógicos como:

- a. los estudiantes no tienen la posibilidad de observar directamente las fases meióticas lo cual dificulta que puedan construir un cuerpo de conocimientos sólido;
- b. debido a que estas representaciones pictóricas son de especies cuyos cromosomas son monocéntricos, se generaliza este concepto de manera inadecuada hacia las demás especies y se relegan los contenidos inherentes a otros tipos de cromosomas y sus particularidades en el comportamiento meiótico;
- c. se pierde el componente motivacional que generan las prácticas de laboratorio en los estudiantes, por lo que éstos podrían restarle importancia a la meiosis frente a otros aspectos de la genética.

La comprensión de la meiosis es clave para entender cómo la herencia explica muchos procesos evolutivos. La meiosis permite que la reproducción sexual sea un proceso evolutivamente exitoso ya que produce progenies genéticamente variables, lo que, bajo ciertas condiciones, da ciertas ventajas adaptativas a las especies sexuadas; a razón, de que mantiene la variación genética dentro de las poblaciones por medio de la recombinación.

Estudios citogenéticos de especies de insectos triatominos han revelado que presentan una clase particular de cromosomas denominados holocéntricos, caracterizados por la falta de centrómero localizado y por un comportamiento singular durante la meiosis (Pérez y otros, 2003). En éstos no existe una región centromérica definida, los microtúbulos interactúan a lo largo de la cromátida y durante la anafase las cromátidas hermanas se separan en paralelo para formar las nuevas células (Panzera y otros, 2007).

La relativa facilidad con la que se pueden obtener preparaciones citogenéticas meióticas, a partir de la especie de triatominos, permite proponer a estos insectos como modelo biológico para el estudio de la meiosis y especialmente de los cromosomas holocéntricos.

En este trabajo se propone una práctica de laboratorio en la cual se estandarizó un protocolo citogenético simplificado (derivado de los que se utilizan con fines de investigación) para el montaje de células de túbulos seminíferos de ejemplares machos de triatominos de los géneros *Triatoma* y *Panstrongylus*. En la propuesta se destaca la importancia de las sesiones de laboratorio en enseñanza de la ciencia como espacio de aprendizaje que permite integrar aspectos de competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales.

La práctica de laboratorio propuesta se considera un aporte metodológico y de estrategia de enseñanza de los diferentes tipos de cromosomas en el laboratorio de Genética, que implicó múltiples ensayos para ajustar el protocolo citogenético (tiempo, reactivos y recursos de laboratorio), así como de selección de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, a partir de las recomendaciones de Flores, Caballero y Moreira (2009) en cuanto a formulación de nuevas experiencias de laboratorio.

La utilización de triatominos como modelo para el estudio de tipos de cromosomas tiene un aspecto importante desde el punto de vista de la formación de los futuros docentes, ya que puede permitir que los estudiantes conozcan sobre la subfamilia Triatominae (Hemiptera, Reduviidae) que es de interés médico-sanitario y social debido a que los triatominos son vectores de la Enfermedad de Chagas (ECh) o tripanosomiasis americana. Galvão, Carvalho, Rocha y Jurberg (2003) refieren que los géneros *Rhodnius*, *Panstrongylus* y *Triatoma* distribuidos desde México hasta Argentina son los vectores de mayor importancia en el ciclo de transmisión de *Trypanosoma cruzi*, agente etiológico de la enfermedad. Sus especies son hematófagas y se alimentan de vertebrados terrestres o arbóreos (didélfidos, edentados, roedores, quirópteros, aves y algunos reptiles). La relación alimentaria con los humanos es evolutivamente nueva

e incidental debido a la incorporación de las comunidades humanas en los ambientes naturales entrando en contacto con vector, los reservorios y el parásito. El humano en la medida que perturba el hábitat natural de los triatominos, los atraen o transportan hacia ellos, abriéndose así la posibilidad de la infección. Una respuesta evolutiva de los triatominos a la afectación del ambiente ha sido la adaptación de algunas especies al hábitat domiciliar o peridomiciliar, lo cual ha permitido asociar la ECh con factores socioeconómicos como la pobreza y las condiciones deficientes en la construcción de la vivienda humana en las zonas rurales y en algunas áreas urbanas (Briceño-León, 2009; Reyes-Lugo, 2010).

Adicionalmente, la ECh es considerada como una parasitosis reemergente, ya que ha aumentado en número casos urbanos, especialmente por transmisión oral; hay reportes de vectores infectados de *Trypanosoma cruzi* en edificios de diez o más pisos de altura en espacios fronterizos entre la ciudad con las zonas boscosas de El Ávila en Caracas (Peña y Oletta, 2009; Reyes-Lugo, 2010 y Alarcón de Noya y col., 2015); esto indica que los triatominos están presentes en el hábitat urbano, probablemente en el peridomicilio, lo cual aumenta el interés académico por conocer su biología y promover la prevención de la parasitosis en las comunidades desde las aulas y fuera de ellas; de esta manera, la enseñanza de la Genética puede ser más integral, relevante y con pertinencia social para el estudiante.

MÉTODO

El trabajo se desarrolló en dos fases: una investigación documental y otra de diseño y desarrollo de una propuesta de práctica de laboratorio para la enseñanza de la Genética. La fase de documentación consistió en la revisión de los contenidos del Programa de Genética General vigente, así como los materiales instruccionales (guías de laboratorio y hojas de trabajo) y la selección de protocolos citogenéticos apropiados para obtención y observación de las distintas fases de la meiosis en el laboratorio docente.

En el diseño y desarrollo de la práctica se plantearon y evaluaron los pasos necesarios para conseguir un montaje citogenético de buena calidad en un tiempo ajustado para una sesión de clase de laboratorio (de 1 hora con 20 minutos, aproximadamente). Este aspecto del trabajo fue uno de los más laboriosos debido al número de montajes de prueba requeridos para ajustar el procedimiento. El protocolo estandarizado resultó de la combinación de la técnica propuesta por Pérez y col., 1997 y Rodríguez, 1995. Finalmente, se disminuyó el número de pasos para la tinción de los cromosomas y con ello la cantidad de reactivos usados comúnmente en la citogenética de tejidos goniales de triatomíneos, lo que permitió adecuar la técnica al laboratorio de enseñanza de la genética. Para la fotografía se utilizó una cámara Pentax de 5 megapíxeles ajustada a un microscopio binocular con objetivo de 40X y oculares de 16X. Posteriormente, se estructuraron los momentos pedagógicos de la práctica considerando competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Para la evaluación preliminar de la práctica se utilizó una encuesta basada en el modelo propuesto por Camero y Toledo (2006) y se aplicó a 18 estudiantes voluntarios pertenecientes a los cursos de Genética General y Evolución (semestres 2013-I y 2014-I).

La encuesta aplicada a los estudiantes recoge la valoración de los usuarios frente a cada aspecto de la estrategia y su opinión abierta como estudiantes y como futuros docentes.



Encuesta para la evaluación de la práctica: **Estudio citogenético de la meiosis en insectos triatominos**

- Evalúe según su criterio cada aspecto constituyente de la práctica propuesta.

ESCALA				
1. Totalmente en desacuerdo	2. Parcialmente en desacuerdo	3. De acuerdo	4. Totalmente de acuerdo	
Introducción teórica o conceptual				
a) Lectura y discusión sobre la importancia genética de la meiosis y las técnicas citogenéticas.				
b) Reflexión sobre las ventajas de los triatominos como modelo adecuado para el estudio de aspectos básicos de este proceso.				
c) Valoración del hecho de realizar la práctica en el marco de la búsqueda y manejo de información sobre el estatus actual de la ECh.				
Contenido de aspectos actitudinales				
d) Importancia del reconocimiento de los vectores de la ECh en Venezuela por las comunidades.				
e) Importancia de la genética en el control de enfermedades vectoriales como la ECh.				
f) Factores que contribuyen a la aparición de focos urbanos en Venezuela y Latinoamérica.				
ESCALA				
1 Dificil	2 Medianamente difícil	3 Fácil	4 Muy fácil	
Contenido procedimental				
g) Técnica citogenética.	1	2	3	4
h) Observación y fotografiado.				
i) Análisis de fases meióticas y comportamiento meiótico.				

Figura 1. Encuesta de evaluación basada en el modelo de Camero y Toledo (2006).

RESULTADOS

Desarrollo Pedagógico de la práctica de laboratorio: Estudio citogenético de la meiosis en insectos triatóminos

De acuerdo con Flores y col., (2009) la utilidad de los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias no se puede analizar en un plano simplista, basándose solo en los resultados del pasado, sino que es necesario desarrollar una visión integral de la enseñanza y aprendizaje. Caamaño (2005) citado por la misma autora presenta cinco funciones para el trabajo práctico:

- a. función ilustrativa de los conceptos,
- b. función interpretativa de las experiencias,
- c. función de aprendizaje de métodos y técnicas de laboratorio,
- d. función investigativa teórica relacionada con la resolución de problemas teóricos y construcción de modelos, y
- e. función investigativa práctica relacionada con la resolución de problemas prácticos. Para el desarrollo de esta práctica tomaron en cuenta estas funciones, de manera tal que se planteó, una propuesta didáctica integral y pertinente para los estudiantes.

Objetivo de la práctica

La realización de esta práctica tiene como finalidad discutir los aspectos citogenéticos que determinan el significado biológico del proceso meiótico y las particularidades de los cromosomas holocéntricos con respecto a los monocéntricos. Mediante la visualización y caracterización microscópica de las fases de la meiosis en triatóminos se pretende facilitar la comprensión de las bases físicas de la herencia de los caracteres (los genes se transmiten con los cromosomas).

Al observar las evidencias del comportamiento cromosómico durante la división celular se espera que los participantes relacionen el apareamiento y la segregación de cromosomas homólogos con la constancia del número cromosómico de una especie a lo largo de las generaciones, y la combinación de caracteres paternos y maternos que se da en cualquier individuo, es decir, la herencia.

La propuesta didáctica parte de las siguientes interrogantes: ¿Qué conoces de la ECh? ¿Qué aspectos de la meiosis se pueden identificar y diferenciar en los montajes citogenéticos con tejido gonadal de triatominos? ¿Cuántos puedes identificar tú? ¿Qué pasos del protocolo manejas por experiencias previas? ¿Cómo se interpretan las formas que adopta el material genético? ¿Cómo representarías gráficamente las fases meióticas? Estas simples preguntas tienen un propósito estimulador y de reto para generar una curiosidad que se transforme en la motivación cognitiva necesaria para participar de manera protagónica en la actividad pedagógica.

Momentos pedagógicos

Introducción teórica o conceptual. Se propone una lectura y discusión sobre la importancia genética de la meiosis y las técnicas citogenéticas como herramientas de gran utilidad para realizar estudios genéticos cariotípicos que ayudan a identificar tipos de cromosomas y otros aspectos meióticos y su importancia para la enseñanza de la genética.

Adicionalmente, se plantea reflexionar sobre las ventajas de los triatominos como modelo adecuado para el estudio de aspectos básicos de este proceso y valorar el hecho de realizar la práctica en el marco de la búsqueda y manejo de información sobre el estatus actual de la ECh, ya que en el contexto urbano es una parasitosis poco conocida desde el punto de vista de los factores que conforman el triángulo epidemiológico (parásito, vector y reservorio y ambiente), Tineo y Ponte (2013).

Contenido procedimental

- a) *Técnica citogenética.* Se estandarizó un procedimiento que consistió en fijar el tejido gonadal de triatominos adultos machos en solución Carnoy (3:1 metanol-ácido acético) no suavizada durante 30 minutos. Posteriormente, los extendidos metafásicos se obtuvieron mediante la formación de pequeños anillos directamente sobre portaobjetos limpios y calientes (entre 45 y 50 °C) mediante la utilización de una pipeta Pasteur y no por el método de squash y se aplicó tinción Giemsa al 4% durante 15 minutos. El protocolo modificado para uso didáctico está basado en los reportados por Pérez y col., 1997 y Rodríguez, 1995.

- b) *Observación y fotografiado.* En esta paso, previa orientación, los participantes seleccionarán campos microscópicos en los que se identifiquen las diferentes fases meióticas y se detallen los cromosomas holocéntricos.
- c) *Análisis de fases meióticas y comportamiento meiótico:* se planteó una actividad socializadora de análisis minucioso de los datos (imágenes) y la formulación de razonamientos acerca de las fases observadas con apoyo en fuentes bibliográficas (identificación y diferenciación de fases meióticas y descripción del comportamiento cromosómico meiótico de triatominos). Posteriormente los participantes deberán desarrollar una producción escrita sobre las diferencias entre los cromosomas monocéntricos y los cromosomas holocéntricos y sus implicaciones en aspectos meióticos como el apareamiento y segregación que determinan la herencia de las características hereditarias.

Contenido de aspectos actitudinales

Se formularon tres aspectos con los que orientar la discusión:

- a. importancia de la genética en el control de enfermedades vectoriales como la ECh;
- b. importancia del reconocimiento de los vectores de la ECh en Venezuela por las comunidades;
- c. factores que contribuyen a la aparición de focos urbanos en Venezuela y Latinoamérica.

Pruebas del protocolo citogenético

El protocolo estandarizado ha sido probado en el Laboratorio de Genética y en las láminas montadas se pudieron observar diversos eventos meióticos, éstos se muestran y describen a continuación (ver figura 2):

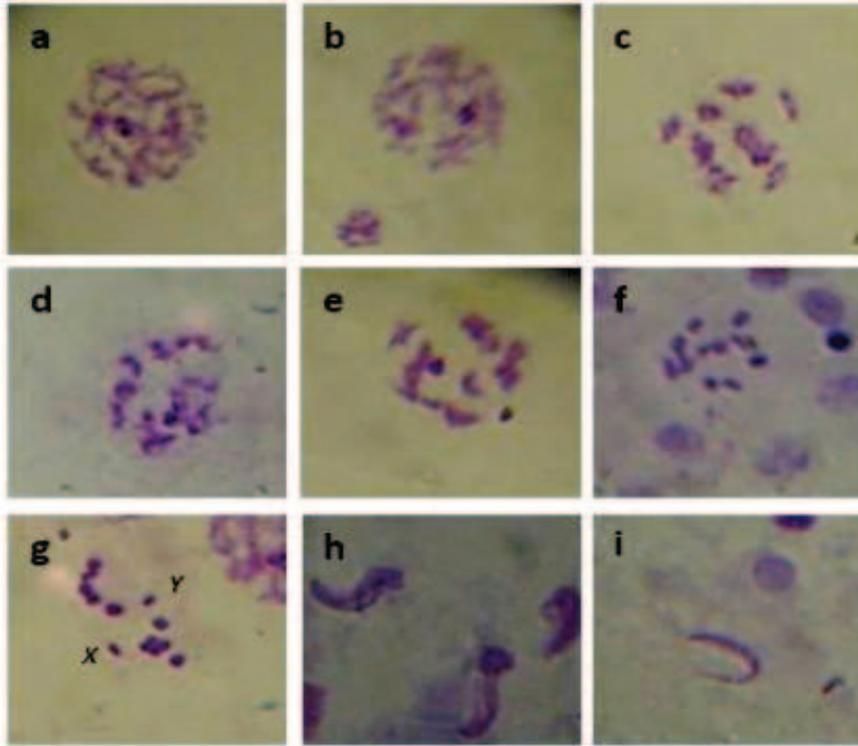


Figura 2. Fases meióticas del macho de *T. maculata*.

- Profase meiótica I (a, b). Detalles del paquiteno temprano y tardío; en las especies de triatominos los cromosomas sexuales se unen a cromosomas autosomas formando asociaciones denominadas cromocentros.
- Profase meiótica I (c, d). Subfase diploteno. Aún se observan los cromocentros. Ocurre la recombinación cromosómica.
- Metafase meiótica I (e, f, g). Cromosomas en forma de “ronda”. Se observan los cromosomas autosomas bivalentes y los cromosomas sexuales (X, Y) aparecen claramente separados. Se aprecia la naturaleza holocéntrica de los cromosomas evidenciada por la alineación paralela entre ellos.
- Células gaméticas (h, i). Espermatidas redondeadas inicialmente, que posteriormente toman la forma alargada típica de los espermatozoides.

Debido a la facilidad con la que se aprecian las fases meióticas reportadas en la investigación, éstas se establecieron como el mínimo exigido a los estudiantes.

Evaluación de la práctica

En cuanto a la evaluación de los momentos pedagógicos de la práctica los resultados indican que la aplicación de técnica citogenética, así como la observación y el fotografiado de las fases meióticas fueron aspectos considerados como fáciles de realizar por parte de un alto porcentaje de los participantes (70% y 60%, respectivamente), muy probablemente su desempeño resultó satisfactorio debido a sus experiencias en el montaje de otras prácticas citogenéticas como la de mitosis.

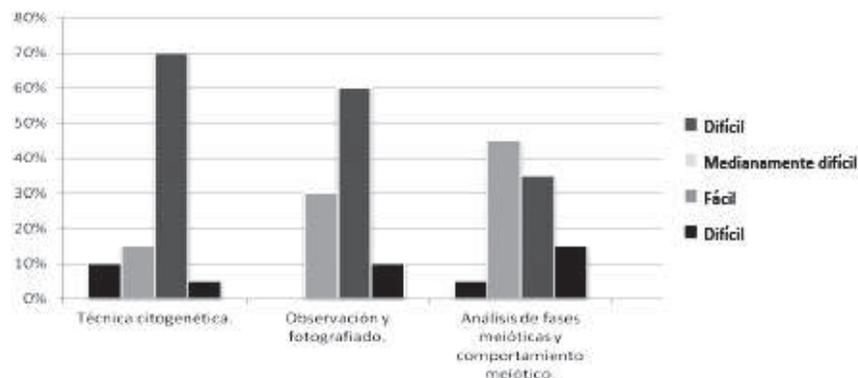


Gráfico 1. Porcentaje de respuestas a la evaluación de la práctica de laboratorio: *Estudio citogenético de la meiosis en insectos triatóminos.*

Con respecto al análisis de las fases y comportamiento meióticos, los participantes lo evaluaron entre un rango de medianamente difícil (45%) y fácil (35%), lo que puede indicar cierta dificultad en la interpretación de las formas cromosómicas y su asociación con la fase meiótica; hay que destacar que la interpretación de fotografía biológica requiere de entrenamiento.

De manera general, los participantes reflejaron una valoración positiva de la práctica. Una de las opiniones consideradas como relevantes fue la

de reflexionar sobre el espacio formativo y actitudinal contemplado en la práctica porque permite conocer sobre la enfermedad de Chagas y sus vectores.

CONCLUSIONES

La formación de profesionales de la enseñanza de la ciencia requiere de una concepción educativa que estimule la innovación y la búsqueda de estrategias pedagógicas con miras a mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes a nivel superior y su posterior praxis docente. Este tipo de estrategias busca proporcionar una base sólida de conocimientos teóricos y prácticos que estimulen el desarrollo del pensamiento crítico, la comprensión de fundamentos científicos y las competencias científicas para el abordaje adecuado del análisis de evidencias y la resolución de problemas.

En este sentido, la práctica: *Estudio citogenético de la meiosis en insectos triatominos*, es un aporte a la enseñanza en el laboratorio de la Genética, ya que constituye un esfuerzo de actualización e innovación en las prácticas de laboratorio. En la propuesta se rescata a la citogenética como una herramienta de gran valor para el aprendizaje de conceptos genéticos importantes como la meiosis. Permite disminuir el número de pasos en el protocolo citogenético, con lo cual se adecuó la técnica al laboratorio de enseñanza de la genética. En ésta se amplían y actualizan contenidos de Genética y adicionalmente se incorporan aspectos relacionados con la salud como los vectores de la ECh.

La propuesta va más allá de las prácticas tradicionales incorporando articuladamente aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales con el propósito de que los participantes se involucren de forma activa y conscientemente en la construcción de su conocimiento, lo cual fue evaluado favorablemente.

REFERENCIAS

- Alarcón de Noya, B., Díaz-Bello, Z., Colmenares, C., Ruiz-Guevara, R., Mauriello, L., Muñoz-Calderón, A., Noya, O. (2015). Update on oral Chagas disease outbreaks in Venezuela: epidemiological, clinical and diagnostic approaches. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*. 110(3), 377-38
- Briceño-León, (2009). La enfermedad de Chagas en las Américas: una perspectiva de ecosalud. *Cuaderno de Saúde Pública, Río de Janeiro*. 25 (1), 71-82
- Camero, R., Ochoa de Toledo, M. (2006). Resultados preliminares de la aplicación simulación –juego (modificada): Sintetiza la proteína. *Revista de Investigación* (59), 165-188
- Flores, J., Caballero, M. y Moreira, M. (2009). *El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje*. *Revista de Investigación* (68), 33
- Galvão, C., Carvalho, R., Rocha, D. and Jurberg, J. (2003). *A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes*. *Zootaxa*. (202), 1-36
- Guhl, F., Aguilera, G., Pinto, N., Vergara, d. (2007). Actualización de la distribución geográfica y ecoepidemiología de la fauna de triatominos (Reduviidae: Triatominae) en Colombia. *Biomédica*. 27(supl. 1),143-62
- Klug, W., Cummings, M. y Spencer, C. (2006). *Concepts de Genética*. Editorial Pearson. Madrid: España
- Panzer, F., Pérez., Lucero, C., Ferrandis, I., Ferreiro, M., Calleros, L., y Romero, V. (2007). *Cambios genómicos en la subfamilia Triatominae, con énfasis en Triatoma infestans*. *Genética de los Triatominos*. (2), 150-172
- Peña, S. y Oletta, J. (2009). *Enfermedad de Chagas, a 100 años de su descripción y descubrimiento del Tripanosoma cruzi*. Red de Sociedades Científicas Médicas de Venezuela. Noticias Epidemiológicas. N° 2 (Extraordinario)

- Pérez, R., Panzera, F., Page, J. Suga, J. y Rufas, J. (1997). Meiotic behaviour of holocentric chromosomes: orientation and segregation of Chromosome. *Research*. (5), 47–56
- Pérez, R., Hernández, M., Rose, V., Calleros, L. y Panzera, F. (2003). *Citotaxonomía y evolución cromosómica en Triatominae, insectos vectores de la enfermedad de Chagas (Heteroptera-Reduviidae)*. *Entomología y Vectores*, 10 (4), 543-550
- Reyes-Lugo, M. (2010). *Panstrongylus geniculatus como transmisor del Chagas en Venezuela*. Botica. [Boletín por suscripción Godoy, R Editor]. No. 6, 1-3 *Academia Biomédica Digital*. N° 47
- Rodríguez, M. (1995). *Cariotipo y patrones de bandas C en Bufo spinulosus arequipensis (Anphia: Anura)*. *Revista de Ecología Latinoamericana*. (2), 1-3
- Tineo, E. y Ponte, C. (2013). Representaciones sociales sobre la enfermedad de Chagas: dimensiones y estructura. *Revista de Investigación*. (72),125-146