



EDITORES INVITADOS

LA PRÁCTICA DE LA SIMULACIÓN CLÍNICA EN LAS CIENCIAS DE
LA SALUD

UNA MODA O UN IMPERATIVO ÉTICO

THE PRACTICE OF CLINICAL SIMULATION IN HEALTH SCIENCES

A FASHION OR AN ETHICAL IMPERATIVE

Introducción

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua «simular es representar algo, fingiendo o simulando lo que no es».

La simulación es más antigua que el hombre; en efecto, los animales que lo antecedieron utilizaban, como ahora, el mimetismo o camuflaje para defenderse de otras especies más poderosas, para ocultarse en el follaje, pasar como muertos o como trampa para sus presas.

Se encuentran pasajes en la Biblia en el libro del Génesis, como Laban y su hija Raquel, David y Samuel, que se fingió loco, o como Amón hijo de David que hizo igual cuando descubrió que se estaba enamorando de su hermana.

En la Edad Media simulaban enfermedades para no ir a la guerra, lo cual exigió la formación de investigadores o médicos especiales para desenmascararlos. Las mujeres simulaban embarazo para que no las ejecutaran y los mendigos simulaban epilepsia, locura e histeria e inclusive se infringían heridas para recoger dinero y vivir de la caridad pública. Ulises fingió estar loco para no ir a la Guerra de Troya.

Hipócrates y Galeno se refieren en sus escritos a las personas que simulaban enfermedades para evitar el servicio militar y además los grandes escritores como Cervantes, Lope de Vega, Calderón de la Barca, Shakespeare y otros, refieren multitud de episodios no sólo de enfermedades simuladas sino provocadas.

Desde 1657 los llamados padres y fundadores de la Medicina Legal, Zacchias, Alberti y Brendelius, dedican capítulos enteros al fenómeno de la simulación que se efectuaba por temor, fraude o lucro en la antigüedad.

La simulación clínica

La simulación es una nueva herramienta didáctica en la educación médica. El Dr. Richard Satava, Profesor del departamento de Cirugía de la Universidad de Washington, dice: «El primer cambio significativo en la reforma de la educación médica fue la Reforma de Flexner en 1910. La introducción de la simulación debe considerarse la segunda revolución 100 años después, luego tendremos que esperar el siglo XXII para tener un nuevo cambio».

Alexander Pope, poeta inglés del siglo XVIII, en una de sus frases célebres dice que: «errar es humano, perdonar es divino y rectificar es de sabios».

Repetidamente se menciona «que errar es humano». En mi libro «Simulación Cibernética en las Ciencias de la Salud, Recuento histórico en el mundo y en Colombia y su impacto en la educación» cito la misma frase, pero agrego «errar es humano; en medicina errar es inhumano y puede ser fatal»

Además, según informes del Instituto de Medicina de Estados Unidos cada año se producen entre 44.000 y 98.000 muertes por errores médicos prevenibles.

En este momento los Comités de Revisión y Acreditación Médica de diferentes partes del mundo, promueven la simulación no solo en pregrado sino en postgrado, y en Colombia sugieren que las instituciones donde se efectúan los postgrados tengan facilidades de laboratorios de simulación en varias especialidades médicas. Las facultades de medicina los tendrán en pre y postgrado.

Podemos considerar la simulación en su acepción más simple, como la que define la Academia de la Lengua que ya mencionamos, pero definiremos también la simulación cibernética y la simulación clínica.

Simulación cibernética

La cibernética es una ciencia interdisciplinaria que trata de los sistemas de comunicación y control en los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Fue aplicada por primera vez en 1948 por Norbert Wiener, ingeniero, físico y matemático norteamericano, mientras trabajaba en técnicas de defensa antiaérea.

El concepto moderno de la simulación se atribuye también al ingeniero estadounidense Edwin A. Link, quien construyó y puso en funcionamiento el primer simulador de vuelo, desarrollando otros modelos después de la Primera Guerra Mundial. Enseñaba básicamente los recursos que los pilotos debían tener para el vuelo normal y para el manejo de las crisis o emergencias durante el vuelo.

La cibernética trata no solo del control automático de las máquinas por computadores y otros aparatos electrónicos, sino también del estudio del cerebro y del sistema nervioso humano y la relación entre los sistemas de comunicación y control para un buen funcionamiento.

La cibernética se desarrolló como investigación, por lo cual la información se transforma en la actuación deseada, proporcionándole al individuo una guía para las acciones futuras o para que realice la acción prevista. Esta técnica tiene mecanismos de control y de autocorrección o retroalimentación o «feedback». El principio del «feedback» o la retroalimentación constituye el concepto fundamental de la automatización.

Dos teorías estructuran la cibernética como ciencia: la teoría de la información y la teoría del control.

La información proporcionada será la guía de patrones de comportamiento o de acciones futuras, pues toda información o señal es registrada como hecho significativo, y esta información se transformará posteriormente en la actuación deseada. La información que da se refiere a un conjunto de posibilidades (más que el real) y esto permite una libertad de elección.

Sin embargo hay un control que permite identificar conductas determinadas, regulares y reproducibles dentro de comportamientos posibles.

La simulación se vale de maniqués o modelos como un medio para reproducir un fenómeno que se pretende señalar o enseñar para afectar el comportamiento humano del estudiante. Este maniquí deberá contener rasgos y propiedades parecidas al objeto real. Con el modelo o maniquí el estudiante amplía su conocimiento y practica una actividad vía «realidad simulada» que refleja un hecho real, que enfrentará en el futuro en su práctica. Es decir, el proceso le ayuda a la modelación de los futuribles o de los futuros posibles de una realidad.

La simulación se puede representar también, como se verá más adelante, con «pacientes estandarizados» que son pacientes reales que tienen la enfermedad o «pacientes simulados» que han sido entrenados para representar una situación de enfermedad en crisis. También pueden ser pacientes enfermos debidamente curados o actores de teatro.

En este grupo se practica la comunicación, la entrevista médica, el examen físico, la relación médico-paciente y su profesionalismo en el trato con el paciente y sus familiares. También se utilizan modelos tridimensionales para procedimientos médicos primarios, diagnósticos y terapéuticos tipo reanimación cardiopulmonar, así como simulación con estímulos visuales y auditivos tipo ruidos cardiacos, cursos de arritmias cardiacas o videos ilustrativos.

Adicionalmente, se usa la simulación asistida por computadores para el manejo de problemas de pacientes, bases de datos con métodos interactivos, con respuestas correctas y retroalimentación. Existen también los simuladores de primera, segunda y tercera generación.

¿Cómo opera la simulación en el estudiante?

El estudiante trabaja sobre un dispositivo mecánico o un computador o un simulador o maniquí. Una vez recibe información de su profesor o por guías de procedimientos que encuentra escritos en su laboratorio, hay una acción prevista, por ejemplo para pasar una sonda de Foley en un maniquí hembra o macho y tiene un instructivo que le señala paso a paso el procedimiento que debe realizar durante determinado tiempo; a través de una habilidad manual pasa su sonda y obtiene orina, luego obtiene en forma inmediata un feedback o retroalimentación de que la acción que hizo está correcta (refuerzo de que lo hizo bien), lo que era la respuesta deseada y es el hecho real que en el futuro hará con su paciente cuando se enfrente a él. Si se equivocó no obtendrá la respuesta (orina) y le dará oportunidad de repetir la maniobra hasta que adquiera la experticia. Así se efectúa una práctica más humana, puesto que el estudiante, en este caso, se equivocó con un maniquí y no con un paciente. Lo descrito es un procedimiento simple, pero la simulación tiene ahora maniqués y procedimientos más difíciles que requieren verdadera experticia.

La guía también puede contener enumeradas o descritas las consecuencias o posibilidades de complicaciones si hace el procedimiento mal. Además, tiene al lado y conoce el instrumental necesario para practicarla; por ejemplo, una toracentesis, una punción pericárdica dirigida por ultrasonido, un paso de un catéter subclavio o una punción lumbar. El ideal es que cuando llegue a su rotación de Medicina Interna haya hecho mínimo diez punciones lumbares en el maniquí, con todos los requisitos de asepsia, guantes, anteojos protectores y manejo cuidadoso de la muestra que obtiene, y que además sepa qué debe pedir como exámenes en el líquido.

Los actuales procedimientos y maniqués están dirigidos a procedimientos de complejidad notable, como arteriografía coronaria selectiva, aplicación de stents o procedimientos endovasculares instrumentales.

Otro ejemplo puede ser el simulador de auscultación cardiopulmonar «Harvey» con el que se cuenta en el Centro de Simulación y Habilidades Clínicas Valentín Fuster, que permite la identificación por auscultación de un total de treinta entidades cardiológicas congénitas y adquiridas, donde según la patología seleccionada proporciona: pulso yugular y femoral, tensión arterial divergente o convergente, palpación del ápex, pulso carotideo o impulsos del ventrículo derecho o izquierdo según la anomalía ventricular, y adjunta un software

(UMEDICS) de cada entidad cardiológica, donde se relata la historia natural de la enfermedad, los procedimientos correctivos paliativos y definitivos que necesita el paciente, el apexcardiograma, el fonocardiograma, el ecocardiograma bidimensional y el procedimiento quirúrgico necesario o no, así como la radiografía de tórax u otros exámenes específicos más elaborados. Hoy en día, algunos centros de simulación representan verdaderos hospitales virtuales con diferentes servicios como maternidad, pediatría, urgencias, UCI y cirugía.

Aunque comenzó más tarde que la simulación médica clínica, la simulación en cirugía permite practicar procedimientos endovasculares e implante de stents y ha llegado a la perfección de los simuladores híbridos que le permiten al entrenado en cirugía percibir la sensación de profundidad y tacto, además de disponer de todas las endoscopias viables y de todos los aparatos o sistemas con resultados reales de complicaciones tipo sangrado y perforación de la vía biliar donde se cuenta el tiempo gastado y hay posibilidad de evaluación. El procedimiento puede repetirse hasta adquirir experticia.

Se ha discutido si la simulación es un arte o una ciencia ya que si nos atenemos al hecho de que para hacer ciencia se necesita el método deductivo e inductivo, la simulación une ambos, puesto que como proceso inductivo se centra en el proceso real y observable y como proceso deductivo utiliza un conjunto de axiomas, leyes e hipótesis.

Todo lo anterior ha hecho que la simulación sea una didáctica nueva que naturalmente amplía el conocimiento. De todas maneras el estudiante no trabaja directamente con el objeto de estudio (paciente) sino con un representante de dicho objeto, como modelos, maniqués o computadores.

La simulación utiliza otras ayudas como el paciente estandarizado y el paciente simulado

El paciente real o estandarizado es aquel que en realidad tiene la enfermedad, por ejemplo presenta Parkinson o secuelas de ECV, deformidad de pupilas (pupilas de Argyl-Roberston) o tiene un soplo cardiaco o cianosis diferencial, central o periférica, que accede al laboratorio de semiología con una cita previa, que coincida con la rotación del estudiante en Cardiología, Neurología, Oftalmología, para los ejemplos anteriores, o por Neumología para ver un caso real con enfisema o bronquitis crónica u otra patología.

El paciente recibe un estipendio por horas de la universidad u hospital, por someterse a un interrogatorio hecho por el estudiante en presencia de su profesor, en un ambiente de privacidad como se hace en el consultorio. El acto puede ser grabado en circuito cerrado de televisión para que lo observen sus compañeros o a través de una cámara de Gessell, o él mismo observe sus errores después.

Esto ayuda a que en la rotación por especialidades los estudiantes cuenten con los pacientes que requieran de modo que puedan examinarlos, interrogarlos y explorarlos con procedimientos no invasivos.

Otra ayuda es el paciente simulado (que no tiene la enfermedad) y generalmente es un actor o actriz que se expone al estudiante para simular enfermedades o situaciones de crisis. Esto requiere entrenamiento del actor o actriz, es costoso, pero es útil para determinadas patologías o para enseñar al estudiante a manejar crisis. Se facilita si la Universidad tiene escuela de arte dramático. En el paciente simulado se requiere la mímica, la simulación y la pantomima. En esta técnica como todos recordamos, Charles Chaplin fue un verdadero maestro.

La simulación tiene fundamentos pedagógicos, que según la teoría del aprendizaje requiere motivación, impulso o estímulo externo que activa el deseo de aprender y mueve la acción hacia el objetivo.

Además se requieren estímulos externos o internos que orientan una respuesta apropiada que satisfaga el impulso deseado. Requiere una respuesta del individuo o reacción y recibe un refuerzo si hay una recompensa en el comportamiento o al recibir un conocimiento nuevo.

Confucio decía hace 2500 años; «oigo y me olvido, veo y recuerdo, hago y entiendo».

La simulación debe emplearse con fines educativos y evaluativos.

Teniendo en cuenta que la Organización Mundial de la Salud ha establecido libertades fundamentales y derechos básicos de los pacientes, todos tendrán derecho a la mejor atención posible y disponible en materia de salud y a aplicar el principio «primero no hacer daño», como aforismo hipocrático.

Es preferible que la primera vez de un procedimiento se practique en maniqués a que sea realizado en humanos o en animales. En la educación médica este principio se pasa por alto pues el criterio muchas veces es que el estudiante adquiera una competencia, de tal manera que un centro de simulación ayuda a evitar problemas éticos y además médico-legales. De igual forma, la simulación pretende utilizar el error para ver las consecuencias de éste, repetir para evitarlo, aprender a reconocerlo y tratarlo adecuadamente. Los errores están presentes en todos los niveles de la educación médica de pre y postgrados y educación médica continuada. Igualmente, ayuda a incorporar en el currículo habilidades y destrezas en los diferentes niveles, y la tecnificación ha reducido la relación médico-paciente. La simulación también se desarrolla en un ambiente supervisado, lo que aumenta la seguridad del manejo del paciente.

El concepto de pedagogías visibles e invisibles puede aplicarse en la simulación

Las formas tradicionales de educación y enseñanza de la medicina corresponden a las pedagogías visibles, puesto que éstas se caracterizan por un orden previsto y visible de un calendario rígido e inflexible de vida escolar, donde el maestro y el alumno desarrollan roles, diferenciados y jerárquicos; el profesor está detrás de un podio arriba, el estudiante abajo. Las reglas son explícitas y los ritmos de aprendizaje son iguales para todos; no se permiten preguntas sino difícilmente al final.

La evaluación en las pedagogías visibles es un acto separado donde el alumno debe contestar sobre los apuntes de su profesor y donde claramente o, a veces fácilmente, el criterio es evaluar para descalificar y no para calificar y además se busca detectar deficiencias más que patrones de desempeño. Los espacios y tiempos se encuentran separados y medidos por horas de clases que no se pueden transgredir. El profesor termina su clase y se retira, seguro de que enseñó un contenido, pero le interesa poco o nada si el alumno aprendió. No hay retroalimentación o feedback y escasamente se dan algunas referencias en diapositivas o en la sesión de Power Point que el estudiante no tiene tiempo ni la velocidad que se requiere para anotarlas.

Por el contrario, en las pedagogías invisibles en la simulación el maestro se mimetiza entre los alumnos, está sentado al lado de ellos y de su maniquí, no hay marcas externas de diferencia o jerarquía, y si las hay al principio, tienden a desaparecer.

El orden es implícito, y en éste se estimula la independencia, la responsabilidad y el auto-aprendizaje. El estudiante además puede aprender a su propio ritmo porque no todos los alumnos aprenden a la par.

La docencia se hace con pequeños grupos (cuanto más grande el grupo menor el aprendizaje). En estas pedagogías el profesor puede ir evaluando en forma separada la actividad, las acciones y reacciones del estudiante, y serán objeto de interpretación y seguimiento por parte de él.

En las pedagogías invisibles no hay un patrón explícito de corrección; el estudiante observa sus propios resultados, si los hizo bien o mal, y el maestro le pone de presente lo positivo de su acción, lo felicita si lo hizo correctamente, es decir obra como un reforzador positivo y así el estudiante obtiene su recompensa inmediata de haberlo hecho bien; aquí la evaluación es para calificar y no para descalificar, así lo haya hecho bien o mal.

La simulación tiene componentes de pedagogías visibles pero priman los de pedagogías invisibles, puesto que ésta permite hacer de la docencia un diálogo de doble vía y una comunicación interpersonal entre maestro y alumno. El estudiante está ante un maestro menos rígido, menos autoritario, ya que aquí la docencia se asemeja más a una acción comunicativa; es decir, hay un verdadero diálogo entre el estudiante y su profesor. Generalmente también hay una voz de aliento al obtenerse una buena respuesta en la exploración y ejecución de una determinada maniobra (refuerzo-recompensa). Significa también que el maestro respeta al alumno, le permite desarrollar sus destrezas y su auto-aprendizaje, y genera en él creatividad e iniciativa en su trabajo.

Por último, le otorga una retroalimentación excelente e inmediata al estudiante, pues primero puede cometer errores, aprender de éstos, saber cómo evitarlos y no volver a incurrir en ellos.

El computador y los modelos simuladores o maniqués en su uso interactivo pueden ser útiles en el campo educativo, ya que permiten que las prácticas educativas tengan las características de herramienta cognitiva y deductiva.

Además, el computador y los simuladores introducen cambios en las dimensiones de espacio y tiempo para conseguir los objetivos de aprendizaje por descubrimiento. El computador ayuda a acortar las diferencias y a facilitar oportunidades educativas, lo cual constituye el verdadero sentido de la equidad en la educación.

El uso interactivo y el uso instruccional de los maniqués de simulación en la educación

Como en cualquier actividad educativa en el uso instruccional el maniqué se convertirá en un proveedor de estímulos para modificar la conducta del estudiante y servirá como motivación del comportamiento humano.

Los estímulos externos e internos mencionados sirven para encauzar una respuesta que satisfaga el impulso despertado y para obtener una respuesta determinada por parte del estudiante. Son los llamados estímulos antecedentes de Skinner.

El segundo tipo de estímulos son los llamados estímulos consecuentes, que suceden a la respuesta del estudiante en la práctica de determinada acción sobre los maniqués de simulación, que aumentan la eficacia de la respuesta al repetirse nuevamente la acción. Los maniqués dan estímulos, respuestas, ruidos, hablan, lo que obedece a la maniobra correcta o por ejemplo, obtener sangre de un catéter central, o líquido cefalorraquídeo en una punción lumbar, o cambio de ritmo post-cardioversión o desfibrilación.

Estos son reforzadores positivos, que son equivalentes a decirle al estudiante que su maniobra está bien hecha o es incorrecta. Esto hace que el estudiante pueda repetir la maniobra cuantas veces quiera hasta obtener la experticia. Una respuesta de este tipo hace modificar no solamente el comportamiento sino el conocimiento del estudiante. El uso instruccional del maniqué permite eficiencia y eficacia en la enseñanza. La demanda instruccional puede ser cada vez mayor a medida de la sofisticación del maniqué y de la complejidad del procedimiento, arrojando a la par una evaluación cualitativa de su desempeño.

El uso interactivo, busca desarrollar estructuras de conocimiento a través del funcionamiento de la inteligencia; es decir posibilitar una interacción del sujeto con un objeto de conocimiento. El uso interactivo a su vez permite que el aprendizaje sea retroalimentado mediante estímulos consecuentes permanentes. Esta retroalimentación hace que el estudiante aprenda de una forma eficaz y se torne activo en este proceso de conocimiento, de manera que deben responder de manera distinta ante cada situación como una «verdadera máquina automatizada», a través del aprendizaje constructivista por el cual el estudiante al enfrentarse a la realidad puede modificar sus acciones de acuerdo con la situación y el conocimiento adquirido.

Otra ventaja del uso de los maniqués, es que permiten desarrollar habilidades a un «ritmo individual» ya que la velocidad de aprendizaje o de las habilidades manuales no es igual en todas las personas; es decir el maniqué se adecúa al ritmo del estudiante, permitiendo la repetición del procedimiento.

La introducción de la simulación cibernética en la enseñanza de las ciencias de la salud no es una moda y resulta urgente su implantación, pero esto no adquiere su verdadero valor y sentido, si no se complementa con un mejoramiento de la calidad de la educación médica. La cibernética es un método didáctico nuevo y un escalón más en la educación médica.

La simulación basa la concepción pedagógica de la enseñanza en el alumno y no en el profesor; desarrolla en el primero su capacidad de descubrimiento, auto-aprendizaje y auto-instrucción de sus propios objetivos de conocimiento y no en la tradicional pedagogía magistral paternalista. Así éste desarrolla su propia manera de pensar y de aprender.

En Colombia, gracias a personas innovadoras en este campo, desde hace 25 años se ha introducido la simulación en aproximadamente 45 de 70 facultades de medicina que existen y hay cerca de 120 laboratorios o Centros de Simulación en el país, entre facultades de medicina, enfermería, hospitales particulares, SENA, Cruz Roja, Instituciones de salvamento y atención de desastres, entre otros. Existe la Asociación Colombiana de Simulación Clínica que cobija 220 docentes afiliados, incluyendo facultades de medicina y enfermería. Hay una nueva tendencia a que hospitales y clínicas privadas quieran tener su propio Centro de Simulación, como es el caso de la Fundación Cardioinfantil en Bogotá, y no depende de las facultades de Medicina.

La simulación es un movimiento universal en las facultades de medicina e indica la mejor calidad de la educación médica en pre y postgrados. Estar atrasado en simulación es como estar atrasado en informática. Terminaría por decir que no solo es un buen seguro de calidad en la enseñanza sino que debe ser un imperativo ético, como comencé interrogándolo en el principio de este editorial, y como lo establecieron Ziv y colaboradores en 2003.

Naturalmente no solo se puede hacer simulación y ambientes clínicos con maniqués puesto que hoy existen multitud de modelos innovadores para ello. Además, el profesor debe prepararse para enseñar con simuladores y sacar un mayor provecho con cursos «debriefing» para asegurar la calidad de la educación con simuladores.

En conclusión, la simulación favorece la seguridad del manejo médico de los pacientes porque evita los errores médicos, garantiza la intimidad y privacidad durante el proceso de enseñanza –aprendizaje, lo cual es una exigencia ética, evita el conflicto médico-legal, hace una práctica más humana y corrige el problema del tiempo de exposición del estudiante al paciente, lo cual ha sido provocado por el exceso de facultades de medicina en nuestro país, de estudiantes de medicina y el cierre progresivo de hospitales en nuestro medio.

La simulación también disminuye la cantidad de demandas por vulnerar los derechos de los animales usados en investigación. De igual forma, el uso de la simulación acorta el tiempo de aprendizaje de habilidades, y las curvas de aprendizaje basadas en la simulación son mejores comparadas con el entrenamiento básico. Admite el error y aprender de él sin perjudicar al paciente. El error puede permitir oportunidades de mejorar el aprendizaje. La enseñanza se basa y se centra en el estudiante. Promueve la evaluación formativa y provee un escenario reproducible para adquirir experticia, y las acciones o procedimientos que aprende son los mismos que en el futuro realizará con sus pacientes. Pese a todo lo anterior, vale advertir que la simulación no pretende sustituir pacientes por maniqués ¡Jamás se podrá reemplazar al paciente!

Hernando Matiz Camacho, MD., FACC., FACP.

Centro de Simulación y Habilidades Clínicas,
«Valentín Fuster» Fundación Cardioinfantil-Instituto de Cardiología.

Lecturas recomendadas

1. Badran P. Charles Chaplin. Un clásico moderno. Editorial Panamericana, Bogotá; 2004.
2. Delgado A. La informática y el conocimiento. Robótica Inteligente. Rev Fac Med U Nal 1999; 47 (1); 32-34.
3. Enciclopedia Microsoft-Encarta®99. ©1993-1198, Microsoft Corporation. Inc.
4. Gadamer HG. La educación es educarse. Barcelona: Paidós; 2000.
5. Gómez VM, et al. Educadores e Informática. Promesas, dilemas y realidades. Bogotá: SENA-COLCIENCIAS; 1988.
6. Gordon M. Harvey: the cardiopulmonary patient simulator. Instruction Guide. Universidad de Miami Center for Research in Medical Education; 2004.
7. Gordon MS, et al. Developments in the use of simulators and multimedia. Computer Systems in Medical Education. Medical Teacher 1992; 21(1); 32-36
8. Kile RR, Bosseau W. Clinical simulation –operations engineering and management. London: Elsevier, Academic Press; 2008.
9. Leahey TH, Harrys RJ. Aprendizaje y cognición. 4ª Edición. Madrid, España: Prentice Hall. 1998.

10. Matiz H, Torres A. *Laboratorio de Simulación y Habilidades Clínicas- fase I*. Universidad El Bosque. Bogotá: Editorial Kimpres; 1998.
11. Matiz H. *Historia del cuidado intensivo en Colombia*. Bogotá: Publicaciones Universidad El Bosque; 2005.
12. Matiz H. *Plan de Desarrollo Institucional, 1990-1992*. Bogotá: Editorial Kimpres.
13. Matiz H. *Simulación cibernética en las ciencias de la salud. Recuento histórico en el mundo y en Colombia y su impacto en la educación*. Bogotá: Editorial Kimpres; 2008.
14. Matiz H, Cifuentes C, Torres A. *Simulación cibernética en la enseñanza de las Ciencias de la Salud. Guías de Procedimientos Médicos*. Bogotá: Editorial Kimpres; 2005.
15. Mooney GA, et al. *Cyberist: a virtual game for Medical Education*. *Medical Teacher* 1998; 20(3): 212-216.
16. Morgan KS, et al. *Medicine meets virtual reality-global healthcare grid*. Amsterdam, Holland: IOS Press; 1996. p. 98-139; 245-300.
17. Oliveri N, et al. *Internet, Telemática y Salud, OPS/OMS, IMA*. Madrid, España: Editorial Panamericana; 1997.
18. Ortiz JE. *La informática y el conocimiento. Computadores moleculares: una tecnología prometedora*. *Rev Fac Med U Nal* 1999; 47(2): 98-101.
19. Pales JL, Argullos Y, Gomar Sancho C. *Teoría de la educación. Educación y cultura en la sociedad de la información*. TESI 2010; 11(2): 147-169.
20. Patiño JF. *Infomedicina: El nuevo paradigma*. *Rev Fac Med U Nal* 1999; 47(1) Editorial.
21. Rebollo M. *Aprendizaje activo en el aula*. España: Universidad Politécnica de Valencia; 2006.
22. Sorókina T. *La Tecnología Cibernética y los cambios en la educación contemporánea. Creación discursiva*. *Revista Iberoamericana de Educación-OEI*. Fecha de publicación 04/10/2001.
23. Salas R, Ardanza P. *La simulación como método de enseñanza y aprendizaje*. Centro Nacional de Perfeccionamiento Médico y Medios de Enseñanza.
24. Satava R. *Historical review of surgical simulation. A personal perspective world*. *J Surg* 2008; 32:141-148.
25. Van Dalen J. *Skills Lab. Center for Training of Skills*. University of Limburg 6229 HA Maastricht. 1989.
26. Vásquez Mota G, Guillaumar Lloveras A. *El entrenamiento basado en la simulación como innovación imprescindible en la formación médica*. *Educación Médica* 2009; 12: 145-149.
27. Wiener N. *Cibernética*. Disponible en: www.monografias.com. 2004.
28. Ziv A, Wolpe P, et al. *Simulation- based medical education an ethical imperative*. *Academic Medicine* 78: 183-788.