

Artículo original

Formación de competencias informacionales en Bioinformática desde los estudios de pregrado en la Universidad de las Ciencias Informáticas

Development of information competencies in bioinformatics since undergraduate training at the Information Sciences University

Odiel Estrada Molina^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-0918-418X>

Dieter Reynaldo Fuentes Cancell¹ <https://orcid.org/0000-0002-2509-5400>

Willian Simón Grass¹ <https://orcid.org/0000-0001-8683-680X>

¹Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: oestrada@uci.cu

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue implementar un modelo didáctico para formar competencias informacionales en estudiantes de la Ingeniería Bioinformática pertenecientes a la Universidad de las Ciencias Informáticas. Se realizó un estudio de caso en el que se aplicó la prueba no paramétrica Dócima de Wilcoxon, así como métodos, técnicas y procedimientos investigativos. Se obtuvo como resultado un modelo didáctico en la asignatura Ingeniería de Software, centrado en los proyectos de investigación que realizan los estudiantes en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. Se concluye que el modelo aplicado es adecuado al lograrse niveles de formación de competencias informacionales en estudiantes de Ingeniería en Bioinformática.

Palabras clave: Alfabetización informacional; competencias informacionales; gestión de competencias informacionales.

ABSTRACT

The purpose of the study was to implement a didactic model for the development of information competencies in bioinformatics engineering students from the Information Sciences University. A case study was performed based on the Wilcoxon non-parametric test as well as other research methods, techniques and procedures. The result obtained was a didactic model for the Software Engineering course, centered on the research projects conducted by students at the Center for Genetic Engineering and Biotechnology, in Cuba. It is concluded that the model applied is appropriate, since Bioinformatics Engineering students achieve satisfactory information competence levels.

Key words: Information literacy; information competencies; information competence management.

Recibido: 29/06/2020

Aceptado: 17/12/2020

Introducción

La formación de competencias informacionales implica crear condiciones pedagógicas y didácticas para la formación de habilidades, conocimientos y valores en el estudiantado en el empleo de la información digital. Teniendo en cuenta las investigaciones teóricas,^(1,2) se refleja que la formación de estas competencias y de las investigativas se han concebido en diferentes perspectivas. Estos autores establecen grupos teóricos y regularidades cuyas interpretaciones varían desde la hermenéutica y por determinados postulados pedagógicos.

En las Ciencias de la Salud, diversos trabajos se han publicado relacionados con la formación de competencias informacionales^(3,4) en los que se argumenta su necesidad en la formación del pregrado, especialmente en el contexto de la bioinformática. Según Serrano (2012), "La bioinformática ha sido incluida entre

las prioridades para el desarrollo científico de Cuba por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, y hace poco más de dos años fue incorporada entre los objetivos del Programa Ramal Científico-Técnico de Informática en Salud del Ministerio de Salud Pública. Por sus numerosas aplicaciones, puede constituirse en una relevante área de investigación de problemas fundamentales, aplicados, de innovación tecnológica y de enfoque poblacional (...)",⁽⁵⁾ por lo cual en la universidad cubana son escasas las experiencias didácticas asociadas a la formación de competencias informacionales desde la bioinformática.

Este artículo centra su atención en implementar un modelo didáctico para formar competencias informacionales en estudiantes de la Ingeniería Bioinformática pertenecientes a la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Las preguntas científicas son las siguientes: ¿Qué fases debe integrar un modelo didáctico para formar competencias informacionales en estudiantes de Ingeniería Bioinformática? ¿Qué resultados se obtuvieron en la aplicación del modelo?

Las competencias informacionales en la Bioinformática desde la Educación Superior

La bioinformática es la disciplina científica que utiliza la tecnología de la información para organizar, analizar y distribuir información biológica, con la finalidad de responder preguntas complejas en biología,⁽⁶⁾ empleando métodos matemáticos, estadísticos y computacionales.⁽⁷⁾ Según el *National Center for Biotechnology Information (NCBI)*, bioinformática es facilitar el descubrimiento de nuevas ideas biológicas, así como crear perspectivas globales a partir de las cuales se puedan discernir principios unificadores en biología.⁽⁸⁾

Sus principales aplicaciones son la gestión, la simulación, la minería de datos y el análisis de la información biológica, con aplicación también en la predicción de estructuras proteicas, estudios de secuencias y otras actividades derivadas de la investigación en biología. Una de sus aplicaciones es la bioinformática clínica, la cual contribuye a mejorar la salud y la prevención de enfermedades mediante el uso de la tecnología de *microarrays*.^(9,10) Debido a su campo interdisciplinario, fundamentalmente las ciencias de la salud, las biológicas, las químicas, las físicas y las computacionales, es necesario que sus especialistas dominen las competencias informacionales.

Las competencias informacionales se definieron por la *American Association of School Libraries* como "las habilidades de reconocer una necesidad de información y la capacidad de identificar, localizar, evaluar, organizar, comunicar y utilizar la información de forma efectiva, tanto para la resolución de problemas como para el aprendizaje a lo largo de la vida",⁽¹¹⁾ con el fin de contribuir a la formación de profesionales altamente calificados en el empleo de las herramientas digitales.^(12,13,14)

En el último quinquenio, diversos estudios abordan las competencias informacionales, y establecen para esto habilidades, conocimientos y valores para buscar, evaluar y utilizar información científica.^(4,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25)

En esta investigación se escogieron las siguientes competencias informacionales genéricas para profesionales en ciencias de la salud, en general:⁽⁴⁾

Competencia 1: Emplear las herramientas y los recursos de la biblioteca y el repositorio institucional para el perfeccionamiento de la búsqueda básica de información.

Sistema de habilidades:

- Caracterizar el proceso de búsqueda y recuperación de la información en la actividad científica informativa.

- Establecer diferencias entre documentos primarios y secundarios en el proceso de búsqueda y recuperación de la información.
- Identificar fuentes de información afines con los temas de interés.
- Identificar métodos y herramientas para recuperar información en la biblioteca de la institución.

Sistema de conocimientos:

- Alfabetización informacional.
- Métodos y herramientas para la búsqueda y recuperación de la información.
- Clasificación de documentos según la estructura y el tipo de información.
- Fuentes de información de interés para la carrera de Ingeniería en Bioinformática.

Valores: Honestidad científica y responsabilidad ante el aprendizaje.

Competencia 2: Emplear las herramientas y las estrategias para la búsqueda bibliográfica de información en revistas y base de datos internacionales.

Sistema de habilidades:

- Identificar las necesidades informativas.
- Establecer las palabras clave y los descriptores.
- Caracterizar los elementos esenciales del conjunto de descriptores y calificadores empleados en Ciencias de la Salud (DeCS y MeSH) como lenguaje de búsqueda informativa.
- Elaborar estrategias de búsquedas con el empleo del DeCS y MeSH.
- Emplear técnicas para mejorar la recuperación de información.

Sistema de conocimientos:

- Información bioinformática y afines.
- Palabras clave y tema de investigación.

- Operadores lógicos, de exactitud y el truncado para mejorar la recuperación de la información.
- Indización de las solicitudes de búsqueda empleando los descriptores del MeSH o el DeCS.
- Estrategias de búsquedas informacional.

Valores: Honestidad científica y responsabilidad ante el aprendizaje.

Competencia 3: Utilizar los buscadores especializados en salud (especialmente asociados a la Bioinformática) para la búsqueda y recuperación de información en Internet.

Sistema de habilidades:

- Emplear motores de búsqueda generales en la gestión de información en salud.
- Identificar a través de los motores de búsqueda generales las fuentes de información biomédicas, bioinformáticas y de ciencias afines.
- Efectuar búsqueda, recuperación y almacenamiento de la información.
- Evaluar la fuente de información y los resultados de la búsqueda.
- Aplicar el estilo Vancouver para la descripción bibliográfica.

Sistema de conocimientos:

- Motores de búsqueda y su clasificación.
- Buscadores de información en salud como recursos para identificar fuentes de información biomédicas y de ciencias afines.
- Recuperación, organización, análisis y almacenamiento de información.
- Descripción bibliográfica de documentos según el estilo Vancouver.

Valores: Honestidad científica y responsabilidad ante el aprendizaje.

Existen disímiles competencias informacionales. En nuestro caso, nos centramos en las mencionadas anteriormente, pues -a consideración de los autores- sería demasiado complejo poder manipular todas las variables en una única asignatura del currículo.

Métodos

La investigación se realizó empleando una metodología cualitativa que incluye la investigación-acción, expresada en la participación de los docentes en el proceso educativo. La población coincide con la muestra (población muestral). La estrategia de investigación es un estudio de caso único, compuesto por el único grupo de tercer año de Ingeniería en Bioinformática (16 estudiantes) perteneciente a la UCI.

Para lograr un análisis integrador se emplearon métodos teóricos (histórico-lógico; modelación y analítico-sintético), empíricos (cuestionarios y observaciones científicas) y estadísticos (prueba no paramétrica Dócima de Wilcoxon).

Características del contexto institucional y del modelo didáctico

Para cumplir con el objetivo se tuvo en cuenta la investigación mixta en estudios educacionales⁽²⁴⁾ y en las competencias informacionales.⁽⁴⁾ La asignatura Ingeniería de Software (IS) se imparte en el tercer año de esta carrera universitaria y tiene como particularidad que su contenido está asociado al desarrollo de productos bioinformáticos. Se imparte solo en cuatro meses, pues el currículo de la carrera tiene una base modular, por lo que la mayor influencia radica en el componente profesional que se realiza en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB). El modelo didáctico propuesto plantea cinco etapas, como se muestra en la figura.

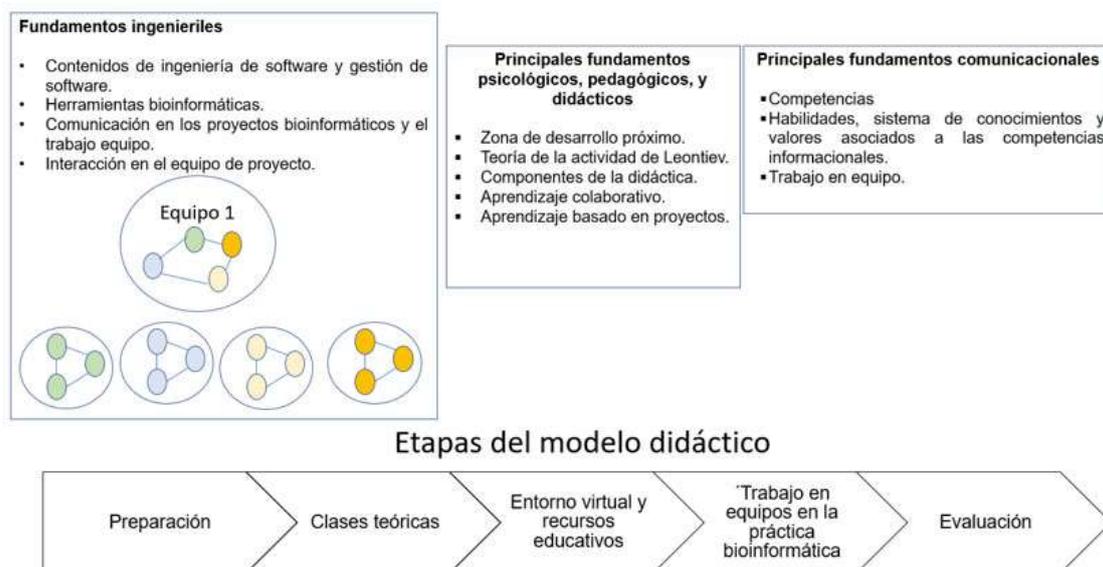


Fig. - Modelo instruccional.

Las relaciones que se observan (fundamento ingenieril) están concebidas desde la comunicación que se establece en el desarrollo de software bajo la perspectiva del proceso personal de software (PSP por sus siglas en inglés) y del equipo de Procesos de Software (TSP, siglas en inglés). Los nodos de igual color representan cada miembro de los cuatro equipos que se conformaron; las relaciones representan las interacciones que se establecen en los miembros de un mismo rol profesional (analistas de software, desarrolladores, entre otros). Los nodos de diferentes colores representan el equipo de un mismo rol profesional y las interacciones muestran cómo se comunican entre diferentes equipos de otros roles profesionales.

Descripción de las etapas

- *Primera etapa.* Se realiza un diagnóstico pedagógico relacionado con el dominio de las competencias informacionales.
- *Segunda etapa.* Diseño de tipologías de clases. En nuestro caso, cinco conferencias, siete seminarios y ocho talleres. Los contenidos fueron: teoría del PSP, TSP, Gestión de Software e IS y competencias informacionales en el ámbito de la bioinformática.

- *Tercera etapa.* Diseño de objetos de aprendizaje y de los niveles de interacción e interactividad.⁽²¹⁾
- *Cuarta etapa.* Implementación del modelo. Las tercera y cuarta etapas se ejecutan simultáneamente, pues el estudiante se apoya en el sistema de recursos digitales educativos para ejecutar su labor científica-investigativa. Los proyectos están asociados a la práctica profesional que realizan los estudiantes en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB).
- *Quinta etapa:* Se efectúa un proceso de evaluación y de calificación del desempeño estudiantil. Se controla y evalúa el proceso ejecutado por el estudiante. En este proceso se comprueba o no la hipótesis concebida. En la investigación, se identificaron dos variables: la dependiente (formación de competencias informacionales en los estudiantes) y la independiente (modelo didáctico).

La metodología de indagación utilizada⁽²⁶⁾ siguió el siguiente esquema: Oi - X - Of, donde Oi representa una observación inicial; X la aplicación de la propuesta didáctica a la que se refiere este trabajo; y Of una observación final. En síntesis, se aplicó una observación inicial (pretest) y una observación final (postest). Se utilizó el factor de *Hake*,⁽²⁷⁾ para determinar el mérito académico definido como:

$$H = \frac{\text{postest (\%)} - \text{pretest (\%)}}{100 (\%) - \text{pretest (\%)}} \quad (1)$$

Constatación inicial (Pretest). Se procedió a realizar el pretest para determinar el estado de la formación de competencias informacionales en los estudiantes. Los instrumentos empleados para obtener los datos fueron: entrevistas, encuestas y guías de observación, basados en una escala sumativa tipo Likert de grado cinco. Se utilizó el grupo de expertos para determinar la validez de contenido (encuesta y entrevista) y el análisis factorial para la validez de constructo (10 participantes). Según la prueba Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), la

idoneidad de los datos de medida de adecuación muestral fue 1; y -según la significación de la prueba de esfericidad de Bartlett- fue $p= 0,000$. El

porcentaje acumulado de varianza fue de 61,55 %. La constatación final del modelo fue realizado al mismo grupo de sujetos al que se le realizó el pretest. Para determinar los datos procedentes de la aplicación del modelo didáctico y de los instrumentos de investigación, se procedió a su análisis (cuarta etapa de la metodología) empleando el programa informático de estadística SPSS en su versión 17. A su vez, se aplicó el *Instructional Material Motivational Survey* (IMMS)⁽²⁸⁾ para determinar el grado de aceptación que tienen los estudiantes en cuanto al diseño didáctico de los recursos educativos empleados.

Resultados

La ejecución de las actividades de aprendizaje comprendió, entre otros aspectos, la discusión crítica y valorativa ante los miembros del equipo al cual pertenece según su rol profesional (ejemplo: equipo de analistas de software), y posteriormente ante los miembros de otros equipos de otros roles profesionales. Las evaluaciones parciales se realizaron de forma colaborativa entre los cuatro equipos diseñados.

Las orientaciones de las actividades de aprendizaje se diseñaron a partir de aspectos didácticos,⁽²⁵⁾ tales como:

- Relación sujeto-equipo del rol profesional.
- Nivel de comunicación entre sujeto-equipo del rol profesional.
- Orientación sobre la utilización de métodos científicos e informacionales.
- Orientaciones precisas sobre las competencias informacionales.
- Importancia de la tarea y su relación e impacto en la bioinformática (motivación).

Para la evaluación de las actividades de aprendizaje se debe:

- Constatar el nivel de integración que tuvo el sujeto en el trabajo de equipo.
- Evaluar el procedimiento y el resultado de la actividad.
- Identificar cómo se sintió en la ejecución y resultado de la tarea.

Orientaciones para la formación de competencias informacionales desde los proyectos de investigación

Para la formación de las competencias informacionales se concibieron acciones con el fin de orientar la actividad de aprendizaje de los estudiantes en correspondencia con las tres competencias abordadas anteriormente. Es válido acotar que la asignatura Ingeniería de Software contiene sus propios sistemas de habilidades profesionales, conocimientos y valores que debe formar y desarrollar en los estudiantes, desde los cuales se concibieron acciones que tributan a la formación de las competencias informacionales.

En este sentido, los proyectos de investigación de los estudiantes de Ingeniería en Bioinformática eran desarrollados a medida que recibían los contenidos de la asignatura, desde los cuales se estableció una relación entre la teoría y la práctica. Para modelar los artefactos ingenieriles debían diseñar y aplicar previamente estrategias informacionales para la búsqueda, selección, catalogación, análisis y agrupación de la información científica presentes en repositorios institucionales, base de datos, editoriales y bibliotecas digitales. A continuación se muestran algunas de las acciones que debían realizar los estudiantes según las competencias informacionales.

Competencia 1: Empleo de las herramientas y recursos de la biblioteca y el repositorio institucional para el perfeccionamiento de la búsqueda básica de información. Las acciones estuvieron dirigidas a que los estudiantes logaran:

- Establecer criterios de búsquedas en el repositorio institucional (accedido desde la intranet de la UCI: http://repositorio_institucional.ui.cu/).
- Identificar las palabras clave en correspondencia con el objeto de estudio y el campo de acción de los proyectos de investigación de cada equipo de estudiantes.
- Listar y agrupar los documentos en primarios y secundarios, según la recuperación de la información.
- Analizar la relación entre el título, el resumen y las palabras clave de los documentos primarios y secundarios como estrategia informacional básica.
- Analizar la realidad ingenieril en correspondencia con el rol profesional que está desempeñando el estudiante en el desarrollo de las aplicaciones bioinformáticas.
- Identificar y jerarquizar qué libros, revistas, base de datos o editoriales son las más adecuadas para la búsqueda de información.
- Realizar un glosario de términos.
- Identificar los servicios de información que ofrece el Sistema Nacional de Salud y la biblioteca de la UCI y las funcionalidades del repositorio institucional.

Competencia 2: Emplear las herramientas y estrategias para la búsqueda bibliográfica de información en revistas y base de datos internacionales. Las acciones diseñadas permitieron que los estudiantes logaran:

- Identificar las palabras clave y los descriptores adecuados empleando el DeCS y el MeSH según el objeto de estudio y el campo de acción de los proyectos de investigación.
- Elaborar estrategias de búsqueda empleando operadores lógicos, de exactitud y el truncado.

- Emplear técnicas para mejorar la recuperación de información, teniendo en cuenta la necesidad de información, la formulación del usuario, la consulta del usuario y la formulación del sistema.

Competencia 3. Utilizar los buscadores especializados en salud (especialmente asociado a la bioinformática) para la búsqueda y la recuperación de información en Internet. Si bien existen buscadores especializados en salud, el objetivo fundamental es que los estudiantes apliquen cadenas de búsqueda en base de datos, editoriales y bibliotecas digitales que ofrezcan, en cierta medida, acceso libre a sus plataformas debido a las limitaciones económicas que tienen los países subdesarrollados como Cuba. En este sentido, se priorizaron los siguientes: Elsevier (funcionalidades básicas), Scielo, IEEE Xplorer, Google Académico y ACM Digital Library. Entre las acciones que realizaron los estudiantes se encuentran:

- Aplicar estrategias de búsqueda de información científica según las particularidades de las bases de datos, editoriales y bibliotecas digitales empleadas (Elsevier, Scielo, IEEE Xplorer, Google Académico y ACM Digital Library).
- Aplicar el estilo Vancouver a las referencias bibliográficas de los proyectos de investigación.

El proyecto se desarrolló en cuatro etapas: 1) diseño del modelo didáctico; 2) selección del estudio de caso único; 3) aplicación del modelo didáctico y 4) análisis de resultados. A continuación, se describe brevemente cada etapa del proyecto y sus resultados.

Primera etapa: Se concibieron las orientaciones didácticas para el empleo de los recursos educativos digitales y de las clases teóricas y empíricas para formar competencias informacionales, así como las

estrategias para abordar las competencias informacionales desde el contenido de la IS, según las relaciones comunicativas, organizativas, de planificación y de control que se establecen en el TSP y el PSP.

Segunda etapa: Se identificó el grupo de estudiantes de tercer año de la carrera Ingeniería en Bioinformática, pues en ese año es que reciben la asignatura de IS, la cual es la encargada de crear habilidades en el desarrollo de productos bioinformáticos, lo cual contribuirá a la formación de las competencias informacionales desde proyectos de investigación del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), de Cuba. Todos los estudiantes pertenecían a la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales (CITEC) de la UCI. Se conformaron cuatro equipos de cuatro estudiantes cada uno. En cada equipo un estudiante asumió uno de los siguientes roles profesionales: analista; implementador; probador; administrador de la base de datos o arquitecto.

Tercera etapa: En el estudio de caso se aplicaron 12 criterios operativos que se correspondían con el sistema de habilidades informacionales. Para la profundización de los criterios operativos (CO) y de las actividades (A), se consultó la tesis doctoral.⁽²⁴⁾ El estudio de caso duró cuatro meses debido a sus particularidades curriculares (enero de 2020-abril de 2020). La forma de evaluación del contenido se aplicó en cada una de las actividades de aprendizaje (Cuadro 1).

Cuadro 1 - Estructura de los criterios operativos (CO) y de las actividades (A) por cada competencia informacional

Principales criterios operativos (CO) CO _n	Principales actividades (A) A _n
CO1. Caracterizar el proceso de búsqueda y recuperación de la información en la actividad científico informativa	A1. Analizar la realidad ingenieril en correspondencia al rol profesional que está desempeñado el estudiante en el desarrollo de aplicaciones bioinformáticas.
CO2. Establecer diferencias entre documentos primarios y secundarios en el proceso de búsqueda y recuperación de la información	A2. Identificar y jerarquizar que libros, revistas, base de datos o editoriales son las más adecuadas para la búsqueda de información.
CO3. Identificar fuentes de información impresa afines con los temas de interés	A3. Realizar un glosario de términos.
CO4. Identificar métodos y herramientas para recuperar información en la biblioteca de la institución.	A4. Identificar qué cuando un documento es primario o secundario.
CO5 y CO6. Familiarizarse con los servicios de información que ofrecen las bibliotecas del Sistema Nacional de Salud (SNS), la biblioteca de la Universidad de las Ciencias Informáticas y su repositorio institucional.	A5. Identificar los métodos y herramientas para la búsqueda de información. CO6. Identificar los servicios de información que ofrecen las SNS y la biblioteca de la UCI y las funcionalidades del repositorio institucional.
P _n (Competencia informacional n)	

Cuarta etapa: Para valorar los resultados obtenidos se diseñó un taller en el cual los estudiantes debían defender los artefactos ingenieriles y el proceso informacional realizado. Posteriormente elaboraron un informe que defendieron en un taller integrador. De forma general, la evaluación de cada actividad, fundamentalmente investigativa e informacional, estuvo basada en los siguientes parámetros:

- *Evaluación de Mal (2)*: No domina el contenido de la actividad de aprendizaje ni las competencias investigativas ni informacionales.
- *Evaluación de Regular (3)*: Domina el contenido de la actividad de aprendizaje y logra asimilar al menos las dos primeras competencias informacionales y competencias investigativas a nivel básico. Evidencia rechazo parcial a la socialización de sus resultados investigativos.
- *Evaluación de Bien (4)*: Domina el contenido de la actividad de aprendizaje; diseña y ejecuta correctamente la estrategia informacional. Sin embargo, no logra argumentar totalmente de forma oral y escrita los resultados obtenidos, aunque logra consolidar y aplicar las primeras dos competencias informacionales declaradas. Comparte sus resultados y participa de forma activa en el aprendizaje de los demás estudiantes. Interactúa con el sistema de recursos educativos. Domina competencias investigativas a nivel medio.
- *Evaluación de Excelente (5)*: Domina el contenido de la actividad de aprendizaje, diseña y ejecuta correctamente la estrategia informacional y logra argumentar de forma oral y escrita los resultados obtenidos. Comparte sus resultados y participa de forma activa en el aprendizaje de los demás estudiantes. Interactúa con el sistema de recursos educativos. Logra consolidar y aplicar todas las competencias informacionales y las investigativas.

Para comprobar si los puntajes que revelan la formación de competencias informacionales en los estudiantes aumentan, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para verificar los datos, y la prueba no paramétrica Dócima de Wilcoxon, considerando los 16 pares en una escala ordinal de 0 a 100 puntos. Las hipótesis de trabajo fueron:

H₀: La aplicación del modelo didáctico no propició en los estudiantes la formación de competencias informacionales.

H₁: La aplicación del modelo didáctico propició en los estudiantes la formación de competencias informacionales.

Entre los principales resultados obtenidos se destacan el nivel de desempeño aplicativo-productivo y la formación de valores (Cuadro 2).

Cuadro 2 - Resultados generales obtenidos en el estudio de caso

Principales criterios operativos (CO)	Principales actividades (A)
CO1. Caracterizar el proceso de búsqueda y recuperación de la información en la actividad científico informativa	A1. Analizar la realidad ingenieril en correspondencia al rol profesional que está desempeñado el estudiante en el desarrollo de aplicaciones bioinformáticas.
CO2. Establecer diferencias entre documentos primarios y secundarios en el proceso de búsqueda y recuperación de la información	A2. Identificar y jerarquizar que libros, revistas, base de datos o editoriales son las más adecuadas para la búsqueda de información.
CO3. Identificar fuentes de información impresa afines con los temas de interés	A3. Realizar un glosario de términos.
CO4. Identificar métodos y herramientas para recuperar información en la biblioteca de la institución.	A4. Identificar qué cuando un documento es primario o secundario.
CO5 y CO6. Familiarizarse con los servicios de información que ofrecen las bibliotecas del Sistema Nacional de Salud (SNS), la biblioteca de la Universidad de las Ciencias Informáticas y su repositorio institucional.	A5. Identificar los métodos y herramientas para la búsqueda de información. CO6. Identificar los servicios de información que ofrecen las SNS y la biblioteca de la UCI y las funcionalidades del repositorio institucional.

Los resultados obtenidos con el paquete estadístico SPSS v. 17 fueron:

$$V = 1431,00 \text{ y } Z \approx -6,348 \text{ P } \{ |Z| > 6,348 \} \approx 0,0119 \quad (2).$$

Como $0,0119 < 0,05$, se rechaza H_0 con nivel de significación de $0,05$.

Los resultados evidencian un factor de Hake 0,76, lo cual significa alto valor de ganancia. Se pueden concretar los resultados obtenidos en los siguientes aspectos:

- Se evidenció por parte de los estudiantes alta motivación en aplicar una estrategia informacional en el ámbito de la Bioinformática, indagando en bases de datos y en las bibliotecas digitales. Se destaca el área de la Bioquímica, el análisis de secuencia de ADN, las herramientas bioinformáticas, entre otros.
- Hubo alta motivación y responsabilidad estudiantil hacia el proceder informacional.
- Los alumnos mostraron un adecuado grado de aceptación por el diseño didáctico, así como por el sistema de recursos educativos digitales concebidos.
- Hubo diferencias estadísticas significativas entre el rendimiento adquirido por los estudiantes y las puntuaciones de pretest y postest. Se logró un dominio adecuado de las tres competencias informacionales.

Los resultados permitieron constatar que las actividades diseñadas contribuyen a la formación de competencias informacionales. Desde una perspectiva cuantitativa, el 87,5 % fueron evaluados de Excelente o Bien, lo que reflejó que dominan el contenido de IS y las competencias informacionales. Los estudiantes evaluados de Excelente o Bien evidenciaron mayor colaboración e independencia en las actividades de aprendizaje. La búsqueda y catalogación se realizaba con mayor rapidez en estos estudiantes y, en el caso del análisis crítico de la información, lo hacían desde una perspectiva multidisciplinaria.

Con respecto a las actitudes de los estudiantes (evaluados de Excelente o Bien), el modelo estimuló su creatividad y compañerismo. Durante la actividad metacognitiva, los alumnos evaluaron su aprendizaje, esfuerzos y estrategias.

El proceder didáctico en general estuvo en coherencia con investigaciones de otros autores.^(29,30,31) lo que afirmó la necesidad de vincular y potenciar la participación activa de los estudiantes antes, durante y después de la creación de un sistema bioinformático. Los resultados obtenidos fueron similares. Esto corroboró la importancia del aprendizaje colaborativo.

Consideraciones finales

El modelo didáctico contextualizado a la Ingeniería de Software permite contribuir a la formación de competencias informacionales en estudiantes de Ingeniería en Bioinformática, no solo en cuanto al sistema de conocimientos y habilidades que comprende esta área particular del conocimiento, sino en cuanto a lo motivacional y lo actitudinal.

El estudio realizado no es suficiente para efectuar las generalizaciones; sin embargo, permite constatar que el modelo didáctico contribuye a la formación de competencias informacionales.

Referencias bibliográficas

1. Estrada O. Sistematización teórica sobre la competencia investigativa. Rev Electr Educ. 2014;18(2):177-194. DOI: <https://doi.org/10.15359/ree.18-2.9>
2. Rubio MJ, Torrado M, Quirós C, Valls R. Autopercepción de las competencias investigativas en estudiantes de último curso de Pedagogía de la Universidad de Barcelona para desarrollar su Trabajo de Fin de Grado. Rev Compl Educ. 2018 [acceso: 28/04/2019];29(2):335-54. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/52443>
3. Sánchez M. Competencias informacionales en el área de la Biología desde los estudios de pregrado en la Universidad de La Habana. Rev Cubana Inform Cienc Salud [Internet]. 2013 [acceso: 19/03/2019];24(3):255-68. Disponible en: <http://www.acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/440>
4. Valverde O, Rosales SÁ. Propuesta de programa para la formación de competencias informacionales en estudiantes de pregrado de Estomatología. Rev Cubana Estomatol. 2017 [acceso: 28/04/2019];54(1):1-13. Disponible en:

<http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/1039>

5. Serrano OR. Bioinformática: una brecha en la formación en el Sistema Nacional de Salud. Educ Med Sup. 2012 [acceso: 19/03/2019];26(1):121-35.

Disponible en: <http://www.ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/13/13>

6. Molidor R, Sturn A, Maurer M, Traianoski Z. New trends in bioinformatics: from genome sequence to personalized medicine. Exp Gerontol [Internet]. 2003;38:1031-6. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0531-5565\(03\)00168-2](https://doi.org/10.1016/S0531-5565(03)00168-2)

7. Baxevanis AD, Ouellette BF, Boguski M. Bioinformatics: a practical guide to the analysis of genes and proteins. New York: John Wiley and Sons; 2004. Disponible en: <https://bit.ly/38613sT>

8. Meneses C, Rozo L, Franco, J. Tecnologías bioinformáticas para el análisis de secuencias de ADN. Scient Et Techn. 2011 [acceso: 19/03/2019];3(49):116-21. Disponible en:

<https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1491>

9. Chang PL. Clinical bioinformatics. Chang Gung Med J. 2005 [acceso: 19/03/2019];28(4):201-11. Disponible en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16013339/>

10. Coltell Ó, Arregui M, Fabregat A, Portolés O. La bioinformática en la práctica médica: Integración de datos biológicos y clínicos. Rev Méd Chile [Internet]. 2008;136(5):645-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872008000500015>

11. American Library Association (ALA). Information Literacy Standards for student learning. Chicago: Am Libr Assoc; 1998 [acceso: 19/03/2019]. Disponible en:

<http://www.ala.org/ala/aasl/aaslproftools/informationpower/informationliteracy.htm>

12. Rodríguez MJ, Olmos S, Martínez F. Propiedades métricas y estructura dimensional de la adaptación española de una escala de evaluación de competencia informacional autopercibida (IL-HUMASS). Rev Invest Educ [Internet]. 2012 [acceso: 19/03/2019];30(2):347-65. Disponible en: <https://revistas.um.es/rie/article/view/120231>

13. Uribe A. Los recursos web ALFIN/Iberoamérica. Un camino para generar aprendizajes colaborativos y benchmarking en torno a la alfabetización informacional [Internet]. En: Séptimo Encuentro Internacional de Desarrollo de Habilidades Informativas-DHI. Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; 2011 [acceso: 19/03/2019]. Disponible en:
<http://eprints.rclis.org/15532/1/AlejandroUribe.%20Recursos%20ALFIN%20Iberoam%C3%A9rica.pdf>
14. Crue R. Definición de competencias informacionales. España: Red de Bibliotecas Universitarias Españolas; 2014 [acceso: 19/03/2019]. Disponible en:
http://ci2.es/sites/default/files/definicion_ci_2014.pdf
15. Anchondo-Granados R, Tarango J, Cortés-Vera J, Machin-Mastromatteo JD. Definición de estándares en competencias informacionales en comunicación científica y su aplicación en docentes universitarios mexicanos. An Docum. 2020 [acceso: 19/01/2020];23(2). Disponible en:
<https://revistas.um.es/analesdoc/article/view/379381>
16. Anchondo-Granados R. Evaluación de competencias en comunicación científica: definición de un conjunto de estándares para docentes universitarios (Tesis de Doctorado). México: Universidad Autónoma de Chihuahua; 2017 [acceso: 19/01/2020]. Disponible en:
<http://repositorio.uach.mx/142/>
17. Tarango J. Machin-Mastromatteo JD. The role of information professionals in the knowledge economy skills, profile and a model for supporting scientific production and communication. Oxford, England: Elsevier-Chandos; 2017 [acceso: 19/01/2020]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/book/9780128112229/the-role-of-information-professionals-in-the-knowledge-economy>
18. Zelada Pérez MM, Norberto-Valcárcel I. Competencias Informacionales en los profesores en la Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Rev Haban Cienc Méd [Internet]. 2020 [acceso: 19/01/2020];19(2):1-16. Disponible en:
<http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/2610>

19. Zelada Pérez MM. Modelo curricular para el desarrollo de competencias informacionales en los profesores de la Universidad de Ciencias Médicas de La Habana [Tesis de Doctorado]. La Habana: Universidad de Ciencias Médicas de La Habana; 2018 [acceso: 19/01/2020]. Disponible en: <http://tesis.sld.cu/index.php?P=DownloadFile&Id=744>
20. Rodríguez L, Sepúlveda R, Serra R, de la Rúa M, Alfonso I. Habilidades informacionales: un requisito de alta demanda en la formación doctoral. Rev Cubana Inf Cienc Salud. 2020 [acceso: 19/01/2020];31(1):1420. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=94116>
21. Escobar L, Lauzurica A, Soler F, Secada E, González O, Tápanes W. Las competencias informacionales en los profesores de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Rev Med Electrón. 2016 [acceso: 19/01/2020];38(4):543-52. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=67219>
22. Rodríguez I, Báez E, Fernández J, García L. Necesidades de aprendizaje de residentes para búsqueda y referenciación bibliográfica del trabajo de terminación de la especialidad. Rev Med Electrón. 2016 [acceso: 19/01/2020];38(2):132-44. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=64303>
23. Zelada M, Valcárcel N. Formación de competencias informacionales en los profesores de la Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Rev Haban Cienc Méd. 2018 [acceso: 19/01/2020];17(5):778-88. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/2343>
24. Estrada-Molina O. Modelo para la virtualización de la formación de habilidades investigativas en la práctica profesional de la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas [Tesis de Doctorado]. Universidad de La Habana; 2018 [acceso: 19/01/2020]. Disponible en: <https://repositorio.uci.cu/handle/123456789/7868>
25. Estrada O, Blanco SM. Exigencias didácticas en diseño didáctico de tareas para el desarrollo de las habilidades investigativas. Enseñ Teach. 2015;33(2):191-211. DOI: <https://doi.org/10.14201/et2015332191211>

26. Sampieri-Hernández R, Collado LPB. Metodología de la Investigación. México, D.F.: McGraw-Hill Education; 2014 [acceso: 19/01/2020]. Disponible en: <https://bit.ly/323JaXW>
27. Hake R. Interactive engagement vs. traditional methods: A Six-Thousand Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. Am J Phys. 1998;66(64):1-12. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.18809>
28. Keller J. Motivational design for learning and performance. New York: Springer; 2010.
29. Israel MJ. Effectiveness of integrating MOOCs in traditional classrooms for undergraduate students. Internat Rev Res Op Distrib Learn. 2015 [acceso: 19/01/2020];16(5):102-18. Disponible en: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/hes/article/view/67282>
30. Hamad MM. Pros y cons of using blackboard collaborate for blended learning on students' learning outcomes. Hig Educ Stud. 2017 [acceso: 19/01/2020];7(2):7-16. Disponible en: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1138165.pdf>
31. Castillo-Elizondo J, Álvarez-Aguilar N, Treviño-Cubero A. La vinculación como potenciadora de la formación profesional de profesionales de ingeniería: Propuesta de acciones con base en experiencias en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Rev Electr Educ. 2019;23(2):1-21. DOI: <https://doi.org/10.15359/ree.23-2.11>

Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no hay conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Odiel Estrada Molina: Diseño y aplicación del modelo y de los procedimientos didácticos. Redacción del documento.

Dieter Reynaldo Fuentes Cancell: Diseño del modelo; tabulación y análisis de la información estadística; redacción del documento.

Willian Simón Grass: Diseño del modelo y análisis de la información estadística. Revisión del documento de investigación.