

SLD131 SOFTWARE CIENTIFICO EN LA BIOMEDICINA

SLD131 SCIENTIST SOFTWARE IN BIOMEDICINE

Diego A. Zottola Pareja¹, Adrian Hernández Mendez², Rolando Serra Toledo³

1 ISPJAE, Cuba, dzottola@fecrd.cujae.edu.cu

2 ISPJAE, Cuba, adrian@electronica.cujae.edu.cu

3 ISPJAE, Cuba, serra@electronica.cujae.edu.cu

RESUMEN: Preparar profesionales con buenas cualidades en la práctica y no solo teórico es uno de los problemas que siempre ha tenido la educación superior. La práctica no es solo un buen entrenamiento profesional de campo, además, es necesario que un ingeniero sea capaz de tomar decisiones, diseñar, construir, etc., teniendo en cuenta todos los aspectos que se involucran en un proyecto, es decir un profesional integral. Este artículo es uno de los resultados de un grupo de estudiantes del ISPJAE, que busca llegar a un compendio de elementos a través de los cuales se fundamenta que la educación científico-investigativa desde lo curricular es un camino alternativo en la preparación integral de los futuros ingenieros. Una de las propuestas es la utilización de software desarrollado con fines científicos formando parte de la enseñanza como una herramienta de apoyo docente como así también para el entrenamiento y experiencia del futuro graduado. Otros aspectos interesantes de la utilización de estas aplicaciones es que logra incentivar a los alumnos desde el inicio de la carrera de pregrado a la labor investigativa, la posibilidad del desarrollo de sus propias aplicaciones digitales y por supuesto, las ventajas de un pensamiento creativo y el trabajo interdisciplinario. Concluyendo que un graduado de estas características no solo se beneficia el mismo, si no, que también beneficiaría a su centro de trabajo y sobre todo a la sociedad. En este artículo se realiza el análisis de algunas aplicaciones, entre ellas dos desarrolladas por los mismos estudiantes del ISPJAE.

Palabras Clave: Software científico, Simulación, Investigación curricular.

ABSTRACT: To train professionals with good attributes in practice and not only theory is one of the problems that has always been there for superior education. Practice is not the only professional training for the field, on top of that, it's necessary for an engineer to be able to take decisions, design, construct, etc. Taking into account all the aspects that engage in a project, that is an integral professional. This article is the result of work conducted by a group of students from ISPJAE that tries to get to an abridgement of elements through of which fundament that education involving scientific investigating from the curricular is an alternative road in integral preparation of the futures engineers. One of the proposals is the utilization of software developed with scientific intentions being a part of teaching like a supportive teaching tool thus also for the training and experience of the future graduate. Another interesting aspects of the utilization of these applications so as to motivate the pupils from the beginning of the career to research, the possibility of developing their own digital applications and obviously, the advantages of a creative thought and the interdisciplinary work. Concluding that a graduate of these characteristics not only benefits him or herself, but also benefits his or her center of work and most of all the society. In this article we analysis of some these applications, among them, two developed by the same group of students from ISPJAE.

KeyWords: Scientist software, Simulation, Curricular research.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad cualquier profesional que sepa utilizar el método científico para resolver cualquiera de los problemas que encuentre a lo largo de su carrera tiene una gran ventaja. La necesidad de profesionales cada vez más preparados y especializados ha generado alrededor del mundo, una nueva generación de jóvenes investigadores los cuales en estos momentos están marcando el cambio dentro de cualquier centro de trabajo.

Este cambio se debe a una educación basada en la investigación científica desde el inicio del estudiante, en la vida universitaria y en algunos casos aplicada desde los pre-universitarios. La inclusión de la actividad investigativa en el currículo, con una organización sistemática que tenga en cuenta el grado de dominio del método científico por los alumnos, ayudará a formar una actitud científica de la carrera y su objeto de trabajo, lo que favorece el desarrollo de nuevos intereses cognoscitivos y la motivación por la investigación científica, tan necesaria para el avance del país [1].

Los conocimientos adquiridos en clases pueden ser ampliados y re afianzados a través de la investigación. Buscando la solución a los problemas de la vida real, el alumno usa toda su noción acerca de todas las asignaturas que se le impartieron. De esta manera con una buena dirección, el estudiante puede lograr grandes resultados, entregándole una gran oportunidad de fortalecer sus estudios independientemente de las clases. [2]. El alumno que forma parte de un grupo de investigación y desarrollo interdisciplinario donde cada parte de este grupo contribuya desarrollo del proyecto, lo que también le entrega la experiencia del trabajo grupal. Sobre todo esto mejora la calidad del estudiante de pregrado y le ayuda a adquirir vida investigativa ordenada donde aprende que es la investigación, como proponer proyectos, como encontrar las posibles soluciones, como probarlas y como presentar su trabajo y resultados [2]

Como es de suponer en la enseñanza en los distintos niveles tiene un gran contraste. Pero una aproximación de los alumnos a la investigación desde edades tempranas lograría un desarrollo de la creatividad el criterio y la innovación. Incentivar y captar jóvenes investigadores necesariamente no debe ser una tarea que debe empezar en los últimos años de la universidad, esto puede llevarse a cabo en los años del preuniversitario. El software científico a las escuelas preuniversitarias entrega es una gran promesa para el hallazgo, la motivación, el entrenamiento y la educación de los futuros grandes investigadores del país.

Para encontrar estudiantes capaces de investigar, con o sin experiencia, las investigaciones deben

llegar a él y no esté a las investigaciones. Lamentablemente, al llegar a la universidad, pocos o casi ningún alumno tiene el verdadero conocimiento o es consciente de lo que es una investigación científico técnica. Por lo tanto la promoción de las investigaciones por parte del departamento de la carrera a la cual pertenecen debe ser una tarea primordial ya que de estos depende la educación en los primeros pasos en la formación de investigadores

2. CONTENIDO

2.1 Software Científico

Como en la naturaleza existen gran cantidad de sistemas los cuales pueden ser desde muy simples como por ejemplo el análisis del movimiento de un proyectil, hasta sistemas de una complejidad incomparable como puede ser el del desarrollo y comportamiento de enfermedades como el sida en las células del cuerpo humano.

Estudiar cada uno de estos sistemas fue, es y será primordial para el entendimiento y solución de cualquier problema que incumbe a un científico o ingeniero relacionado con la medicina. Dicha complejidad y necesidad de estudio llevan a los especialistas a recurrir a herramientas que faciliten el estudio de estos sistemas. Actualmente una de las herramientas más importantes en este campo es el uso de los ordenadores capaces de procesar cientos de variables y facilitar el trabajo de los científicos a la hora de estudiar sistemas de alta complejidad.

A través del análisis numérico se obtiene la representación matemática o modelo matemático de dicho sistema el cual es encapsulado en un programa de computadora para ser procesado. Una vez se obtuvo el programa el experto es capaz de modificar las variables que relaciona este modelo dentro del programa para poder resolver, probar todo tipo de posibilidad dentro del sistema, como ser la prueba de una nueva vacuna, así obtener las posibles reacciones que puede desarrollar el organismo y de esta manera plantear una solución cercana a la realidad, menos costosa, más rápida, y menos peligrosa que usar un sistema vivo. El programa obtenido de esta manera es lo que se denomina hoy en día, Programa Científico o Software Científico [3].

2.2 Educación Investigativa Mediante El Software Científico

Participación de los estudiantes de pregrado en investigación es ampliamente aceptada por ser beneficiosa. Beneficios para los estudiantes suelen incluir el incremento del interés en su área de estudio, el dominio de los temas no tratados en clase,

mejoró habilidades de comunicación, capacidad de ver su área de investigación en un contexto más amplio, mejores perspectivas de empleo, y la preparación para estudios de posgrado. Investigación de pregrado, sin embargo, presenta sus propios desafíos. Muchos estudiantes no tienen la necesaria background para participar en proyectos de investigación. Es también difícil concentrarse en un semestre de duración (o más) del proyecto cuando se enfrentan a plazos mucho más cortos de los cursos regulares [2].

Como se manifestó anteriormente en este documento, los beneficios que entrega la enseñanza basada en la solución de problemas, o sea la investigación promovida desde el inicio de los estudios de cualquier científico o ingeniero, genera grandes ventajas en el perfil del graduado. Un gran apoyo a la preparación de un joven investigador se halla en los programas de computadora que tienen origen en medio de la ciencia. Debido a las características antes descritas de la concepción del software científico, se halla en su interior una gran fuente de información con la capacidad de exigir y extraer el mayor esfuerzo del alumno a través de la práctica, donde este puede aplicar sus conocimientos y mejorar sus habilidades como investigador mediante el uso de este tipo de aplicaciones.

Hoy en día la producción científica cubana tiene un importante compendio de software científico el cual proviene, sobre todo, de las universidades, los centros de investigación pertenecientes al polo científico y a los distintos ministerios, por lo que la propuesta de que estas aplicaciones lleguen a las manos de los estudiantes es practicable.

Para poder llegar al aula, las aplicaciones de esta naturaleza deben ser modificadas para llegar a tener un encuentro agradable con el joven investigador, deber tener características las cuales permitan al alumno interactuar con el programa, lo que significa que debe de encontrarse con un ambiente de aprendizaje experimental y colaborativo, pudiendo entregar al estudiante la posibilidad de acercarse a situaciones del mundo real y de esta manera al llegar a las capacitaciones o prácticas laborales contaría una importante base empírica [3].

2.3 Alumnos utilizando y desarrollando Software Científico

2.3.1 Algunas aplicaciones utilizadas

El estudiante puede vincularse a una investigación en la cual sea necesario utilizar un software desarrollado exclusivamente para una determinada investigación científica, o una esfera específica de esta, como son el R que es una plataforma informática útil y es una excelente manera de aprender las destrezas básicas de programación. Se pueden hacer estadísticas básicas, datos argumentales o

funciones matemáticas, y proporciona acceso a una colección de herramientas avanzadas a través de paquetes R. La amplia funcionalidad y las capacidades estadísticas hacen de R una valiosa herramienta en las ciencias naturales [4].

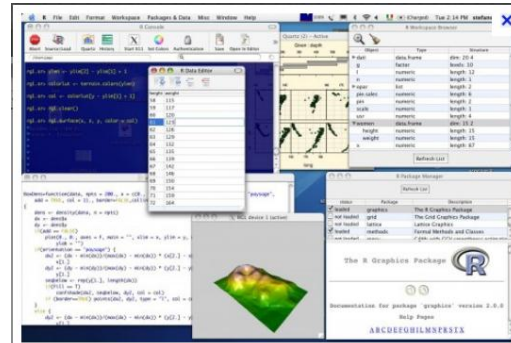


Fig. 1: Interfaz de Usuario del Programa estadístico "R".

Otro ejemplo de software con fines científicos, en este caso en el área de la medicina específicamente en el cirugía, es el Cardiac Arrest. Un simulador que pone a su disposición un equipo altamente capacitado, pero esperan sus órdenes. Si el paciente puede ser revivido depende totalmente de sus esfuerzos. La historia del paciente se presenta, y comenzar sus esfuerzos de resucitación. Usted lee el ECG en directo, interpretar los signos vitales y datos de laboratorio, y dar las órdenes de tratamiento. Basta con hacer clic en los botones de intervención comunes, o escriba sus órdenes también proporciona información sobre las drogas, un libro de texto en línea y diagramas de flujo del algoritmo para obtener ayuda si la necesita [5].



Fig. 2: Interfaz de Usuario del Programa Cardiac Arrest.

2.3.2 Programas desarrollados por estudiantes

Reclutar estudiantes universitarios para proyectos de investigación y la gestión de estos proyectos para asegurar el éxito presenta numerosos desafíos, sin embargo, estudiante implicado en la inves-

tigación ostenta muchas oportunidades para reforzar sus estudios en ciencias de la computación [2].

Un estudiante puede desarrollar sus habilidades en una tarea con relativa complejidad, como es el desarrollo de un propio software de propósito científico. Para esto el alumno debe verse envuelto en una variedad de cuestiones como son las diferentes asignaturas que se vinculan en el desarrollo de una aplicación como pueden ser la programación, la minería de datos, desde el punto de vista computacional, y desde lo no computacional serían los conceptos propios del sistema a representar y sus respectivas variables.

El estudiante que tuvo la oportunidad de aprender a través de un programa de base científica, capta inherentemente la naturaleza de este, dándole así, la noción necesaria para el desarrollo de una aplicación de este tipo. Como ya se dijo los proyectos interdisciplinarios obligan al desarrollador a afianzar todos los conocimientos que se vincularan en la aplicación. Para la obtención de este, hace falta un manejo importante de las bases teóricas en las que está planteado el programa, así poder tener en cuenta cada detalle desde el momento en que se plantea el modelo matemático hasta la programación y las futuras funciones que tendrá dicha aplicación, lo que demandara por parte de los desarrolladores un esfuerzo de dimensiones diferentes a las que se ve sometido normalmente un alumno a través de la enseñanza clásica en el aula.

En centro de donde provenga dicha aplicación tendrá la posibilidad, a través de esta y la vinculación con los diferentes centro de investigación y desarrollo, ministerios, hospitales, etc., una retroalimentación que generara un ingreso importante de recursos los cuales permitirían a la universidad poder seguir aumentando la tecnología para el desarrollo de más y mejores aplicaciones del mismo tipo. Lo cual, al mismo tiempo genera graduados de un nivel mucho más alto, los cuales serán capaces de vincularse a la producción con una gran facilidad, lo que entrega al país una mayor capacidad de producción ya que los centros de desarrollo invertirán menor cantidad de tiempo para la preparación de estos.

2.4 Software Científico en la Cujae

En la Cujae, específicamente en el Centro de Bioingeniería (Cebio), tanto la utilización y como el desarrollo de los programas de orientación científica se puede encontrar en diferentes etapas del cursado de la carrera. Para profundizar sobre lo que se quiere exponer aquí, se realizara un breve resumen de algunos de los proyectos en los que se encuentran los alumnos de dicho departamento, donde algunas de las aplicaciones son desarrolladas por los mismos estudiantes y otros software científicos desarrollados por otros centros ya sean nacionales o

extranjeros.

2.4.1 AnaglifZ

El primer programa al que se quiere hacer referencia es el AnaglifZ, un software que comenzó a desarrollarlo un alumno de la carrera de ingeniería Biomédica cuando cursaba el segundo año y hoy en día sigue desarrollando.

AnaglifZ es una aplicación que a través del procesamiento digital de imágenes, el análisis matricial, y la programación d alto nivel, genera imágenes que logran crear un efecto tridimensional a la percepción del observador.

Este programa se caracteriza por su fácil utilización. Su principio de funcionamiento se basa en el filtrado digital de dos fotografías las cuales se corresponden con el campo visual observado por cada ojo del observador. Esto es de vital importancia ya que de esta manera cada una de las fotos es levemente diferente y así poder simular la visión estéreo que caracteriza la visión humana.

Para el desarrollo de esta paliación fue de vital importancia el estudio de la neurofisiología y anatomía del sentido de la visión humana para así poder optimizar los efectos que la aplicación es capaz de extraer de las fotografías logrando así una mayor percepción de las profundidades y la relación espacial de los objetos dentro de esta.

A través de esta aplicación y su desarrollo, puede ejemplificarse todos los tópicos arriba discutidos. Al ser una investigación que necesito tanto de las matemáticas, la programación de alto nivel, el procesamiento digital de imágenes, la fisiología, la convierte en una investigación interdisciplinaria, la cual integra muchas de las materias que cualquier alumno de ingeniería cursa en los primeros años de su carrera.

La aplicación fue programada en la herramienta de programación script MatLab, que permite realizar tanto la interfaz de usuario como el procesamiento de imágenes e datos. Además en este momento la aplicación se encuentra en proceso de migración a software libre debido al proceso de migración en que se encuentran la institución, el país y el mundo.

Como ya se dijo la investigación fue llevada a cabo por un alumno de segundo año de la carrera de Ing. Biomédica, teniendo en cuenta que para el dictado de materias como dibujo técnico y anatomía, son necesarios métodos pedagógicos con los cuales el docente debe contar para mejorar su labor, y el aprendizaje de sus estudiantes. Por lo tanto esta aplicación que tiene como fin científico estudiar y reproducir la visión estéreo de los humanos, también puede ser explotada como una herramienta en el aula para el apoyo del docente y de los estudiantes [6].

2.4.1.1 Descripción de la aplicación

El programa fue concebido para ofrecer simplicidad al usuario, ya que está destinado a los profesores que necesiten construir anaglifs para la utilización en sus clases. La aplicación desarrollada consta de cinco pasos básicos para la construcción del anaglifo:

Cargar imágenes: a través de un Push-Button, el cual deriva a una ventana donde se seleccionan las imágenes que formarán parte del anaglifo. Ambas imágenes se ubican a la izquierda de la ventana de la aplicación.

Filtrado: un segundo push-button es el encargado de filtrar las imágenes. Con un solo clic, ambas imágenes son descompuestas en sus respectivos colores y son expuestas a la derecha de la pantalla.

Construcción del anaglifo: la suma píxel a píxel de ambas imágenes es realizada a través de un tercer push-button. El anaglifo resultante se observa en el centro de la ventana del programa.

Enfoque: el enfoque es controlado a través de cuatro teclas, arriba, abajo, derecha e izquierda, que desplazan las imágenes en dichos sentidos.

Dado que el enfoque es un trabajo de exactitud, el programa consta de un selector del factor desplazamiento, que posibilita obtener una gran precisión dependiendo de las necesidades del operador.

Guardar: para concluir el procedimiento, se guarda el anaglifo mediante un botón el cual muestra una ventana de exploración, para seleccionar el destino del nuevo anaglifo construido. En la Figura 3 se puede apreciar como se observa la aplicación una vez finalizado el procedimiento anteriormente descrito. Al centro se puede apreciar uno de los primeros anaglifs obtenido con esta aplicación.

MatLab dispone de otras a funciones las cuales son capaces de optimizar el funcionamiento del programa en gran escala. En el diseño fueron consideradas muchas de estas funciones que están siendo estudiadas para su posterior integración en el programa [6].

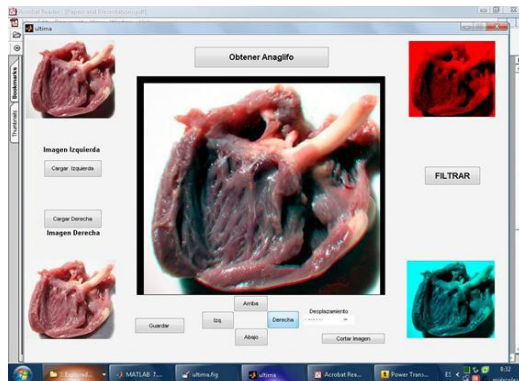


Fig. 3: Interfaz de Usuario del Programa "AnaglifZ".

2.4.2 TissueSim

El software TissueSim permite la simulación de interacciones entre poblaciones de células T, células presentadoras de antígenos y sustancias químicas. Este software implementa el Cellular Potts Model (CPM) que es una extensión del modelo de Potts aplicada a las células y ha sido ampliamente utilizado desde su creación [7]. Dicho modelo El Cellular Potts Model es un modelo matemático obtenido con el fin de representar las interacciones celulares pero simplificado para tener en cuenta solo las interacciones que se presentan a nivel de las fronteras de las células es decir en la membrana celular, despreciando las interacciones internas de la célula.

El modelo basa su funcionamiento en la existencia de moléculas de adhesión en la superficie de las células. Debido a estas moléculas de adhesión las poblaciones celulares son capaces de explorar diversas configuraciones con el fin de disminuir la energía libre. Existe al menos un tipo de molécula de adhesión en la superficie de las células las cuales interactúan permitiendo separar las fases de células diferentes dependiendo de la energía libre en 2 o más poblaciones celulares. La ecuación que caracteriza a este modelo es:

$$\Delta H = \sum_{\{\alpha, \beta\}} J(\tau(\sigma_\alpha), \tau(\sigma_\beta)) (1 - \delta_{\sigma_\alpha \sigma_\beta}) + \lambda \sum_{\alpha} (a_\sigma - A_{\tau(\sigma)})^2 \quad (1)$$

Debido a que el objetivo de este documento no es explicar la totalidad del modelo matemático, es suficiente aclarar que la ecuación 1 es la energía libre total del sistema que se está estudiando. TissueSim fue programado en C++ y posee 2858 líneas de código y permite la simulación de 4 poblaciones de células y una sustancia química.

El software TissueSim puede ser utilizado para la simulación de interacciones de poblaciones celulares del sistema inmunológico ya que reproduce resultados tales como: la adhesión celular explica la formación de patrones celulares y movimiento de células T, que otros software han obtenido a partir de la simulación del CPM y han sido reportados en la literatura [7].

El desarrollo total de la aplicación se realizó en el Cebio, desde el cursado del tercer año del estudiante, llegando a terminar en su trabajo final de diploma.

Es apreciable que durante el desarrollo de la aplicación el estudiante necesito, en primera instancia, con una profundización de los conocimientos de programación dados en los primeros años de la carrera, además, todo el contenido biológico y bioquímico para el cual se desarrolló la aplicación es un importante background de conocimiento que no

se abarca en el aula, lo que aumenta el valor de la investigación [7].

2.4.2.1 Descripción de la aplicación

El sistema posee una arquitectura multicapas sencilla que aprovecha las ventajas de los procesadores multinúcleos para distribuir las operaciones en dos hilos de trabajo. Un hilo principal (mainThread) que se ocupa de interactuar con el usuario y realizar los procesos de lectura/escritura en la Base de Datos del sistema. El otro hilo (AlgorithmThread) es el responsable de llevar a cabo las operaciones de alta demanda de cómputo. Para almacenar toda la información de la simulación se utiliza SQLite. Todas las operaciones de lectura/escritura se llevan a cabo a través del objeto SimulationDataBase que fue desarrollado con el objetivo de hacer corresponder las consultas a la base de datos con mensajes para la comunicación entre objetos del sistema.

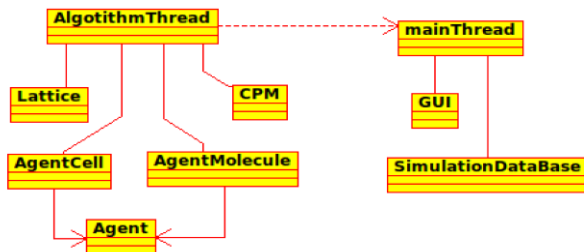


Fig. 4: esquema de la arquitectura multicapa del Software "TissueSim".

La interfaz de usuario de la aplicación TissueSim está organizada como Interfaz de Documento Único, que es una forma de organizar las aplicaciones gráficas individuales que son manejadas por el gestor de ventanas del Sistema Operativo [7]:

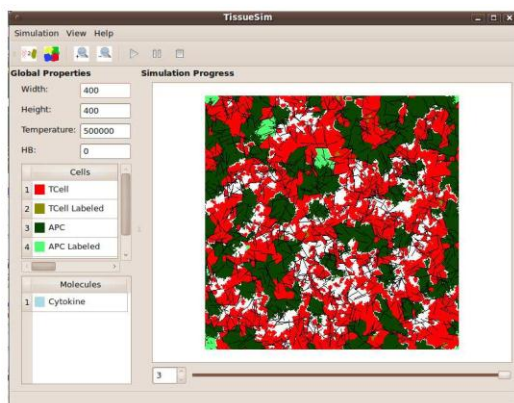


Fig. 5: Interfaz de Usuario del Programa "TissueSim".

- Menú principal: Está agrupada en los grupos de Simulation, View, Help.

- Dentro del grupo del elemento de menú Simulation se encuentran los elementos: Properties, Seed,
- Start, Stop y Exit.
- Dentro del grupo del elemento de menú View se encuentran los elementos: Zoom + y Zoom -Dentro del grupo del elemento de menú Help se encuentran los elementos: About TissueSim y About Qt
- Barra de Herramientas Principal: Muestra
- los iconos de acceso rápido para interactuar con el proceso

2.4.3 CompuCell3D

El CompuCell3D es un ambiente de simulación que cual permite construir y correr diferentes tipo de simulaciones basadas en la implementación del Celular Potts Model.

A diferencia del ya nombrado TissueSim que fue desarrollado en la Cujae, el CompuCell3D es desarrollado desde hace aproximadamente 10 años, en la universidad de Indiana por un grupo de trabajo compuesto por uno de los creadores del modelo matemático, James Glazier y muchos colaboradores de excelente rigor científico.

Usando el CompuCell3D una simulación puede ser definida de tres maneras o tres niveles de profundidad, respecto a tipo de programación que se utilice.

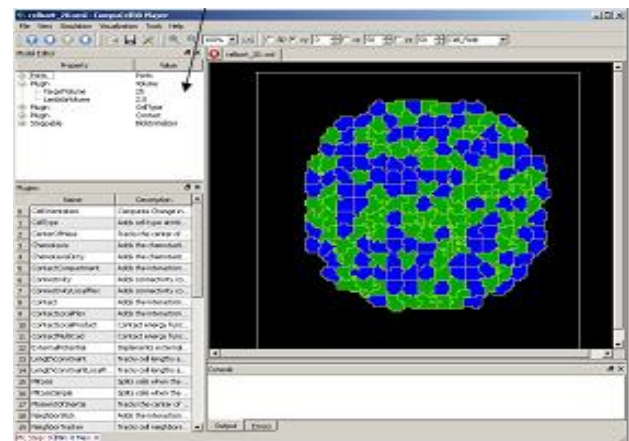


Fig. 6: Interfaz de usuario del programa "CompuCell3D".

A través de XML se puede definir simulaciones mediante el uso de los diferentes módulos que provee el mismo software. Mediante este método, el cual no es un lenguaje de programación, se pueden dar órdenes al kernel de la aplicación para formar rápidas y no personalizables simulaciones.

Luego, se puede bajar un poco de nivel utilizando el

lenguaje de programación scripting Python, el cual nos permite acceder al kernel del programa para modificarlo en cierta manera y así poder crear simulaciones de mayor complejidad, personalizables, sin la necesidad de llegar a la programación de más bajo nivel como pueden ser el C y el C++.

Por último el nivel más bajo al que se puede crear una simulación es en C++, lenguaje en el que está escrito el kernel de la aplicación. A través de este se pueden construir módulos específicos para una o varias simulaciones, sobre todos cuando estos necesiten de una capacidad de cómputo importante, esto permite un mayor aprovechamiento de los recursos de cómputo, que la programación en Python limitan en cierta cantidad [8].

Como arriba de dijo, cada simulación consiste en un gran número de células cuyas fronteras intentan desplazarse y tomar el lugar de otra frontera elegida aleatoriamente (spin-flip). El progreso de las simulaciones es medido en pasos de Montecarlo, descrito al inicio de este documento. No todos los spin-flips attempts se convierten en una copia de pixel que depende de la probabilidad del algoritmo de metrópolis mostrado en la ecuación 1.

$$\Delta H > 0 \Rightarrow \begin{aligned} P &= e^{-\Delta H / k_{Tm}} \\ P &= 1 - e^{-\Delta H / k_{Tm}} \end{aligned} \quad (2)$$

Donde ΔH es la energía total del sistema, como ya se dijo anteriormente.

2.4.3.1 Simulaciones Actuales en la Cujae

Entre los trabajos que actualmente se están desarrollando con el CompuCell3D podemos nombrar 3 trabajos de diplomas que están siendo desarrollados por alumnos de quinto año de la carrera, donde parte de esta investigación será presentada como su trabajo de diploma, estas son "*Simulación del Comportamiento del Aneurisma*", "*Simulación de la Distracción Osteogénica*" y por último "*Simulación de la reacción a los distintos tratamientos de los tumores sólidos*". Otra investigación que está siendo desarrollado por un alumno de segundo año de dicha carrera. A continuación se presenta un pequeño resumen de una de las investigaciones arriba nombradas.

Simulación del comportamiento del aneurisma, mediante la aplicación computacional nombrada, se pretende simular las células de las paredes del vaso sanguíneo, las propiedades elásticas de este y el comportamiento biológico y mecánico del torrente sanguíneo. La hipótesis es que una vez se obtenga las bases de un vaso, realizando diferentes cambios bioquímicos como ser los diferentes compuestos, iones y demás que transporta la sangre estudiar qué cambios ocurren en las propiedades elásticas de las paredes del vaso, hasta lograr el desarrollo del aneurisma. Para plantear todo lo anterior en el

CompuCell3D es necesario obtener datos como ser la histología del vaso sanguíneo y de esta manera representar, en el modelo, solo las variables que realmente afecte a las características elásticas ya que la pérdida de estas es el principal detonante para el desarrollo del aneurisma. Luego es necesario revisar cuales las características que debe cumplir el flujo sanguíneo, como la densidad la turbidez, etc. Y con esto poder simular con modelos utilizados normalmente en la bibliografía como pueden ser las ecuaciones de Navier-Stokes.

3. CONCLUSIONES

A través de una base científico investigativa, el recién graduado tendrá un background de herramientas importantes donde apoyarse a la hora enfrentarse a la vida profesional no solo desde el punto de vista académico sino que también desde el punto de vista de la dirección de proyectos, la toma de decisiones y la solución de problemas de la vida real le ponga en su camino.

El desarrollo de software científico, además de su principal aplicación puede ser explotado de diferentes maneras, desde el uso en el aula para impartir diferentes materias, como también así para incentivar a los nuevos estudiantes a la tarea investigativa aplicando sus conocimientos y ampliarlos desde el inicio de la carrera.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fernández, jorge y gonzález, raquel: "la formación investigativa de los estudiantes de medicina", educación medica superior, vol. 4, 2008.
2. Brinkman, valerie y opyrchal, lukasz: "enhancing undergraduate computer science education through a university-wide summer research program", 37ª asee/iee frontiers in education conference, octubre, 2007.
3. Comité de tecnologías de la información de ee.uu: "computational science ensuring america's competitiveness", report to the president, 2005.
4. Nerd, mathias: "r a brief introduction" <http://www.theobligatescientist.blogspot.com/2010/06/software-for-science-math-part-ii>. (consultada en abril 2012).
5. Code team! - acls training software, mad scientist software: http://madsci.com/products/product_info.php/cpath/23/products_id/32 (consultada en octubre 2012).
6. Zottola, diego; hernández adrian y rolando serra: "anaglifos en la enseñanza de la ing. Biomédica", v claib, la habana, cuba, 2011.

7. Hernández, adrian: "tissuesim: herramienta para la simulación de la dinámica de poblaciones celulares del sistema inmunológico", trabajo de diploma, cujae, 2010.
8. Swat, maciej; hester, susan y glaxier, james: "compucell3d manual and tutorial", biocomplexity institute and department of physics, indiana, 2010. <http://graphicssoft.about.com/od/gimp/ht/3d-anaglyph.-uka.htm> (consultada en marzo 2012)

5. SÍNTESIS CURRICULAR DEL AUTOR

Diego Alejandro Zottola Pareja, estudiante de 5to año de la carrera de Ingeniería Biomédica. En el Instituto Superior Politécnico Jose Antonio Echeverría.