

CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación para la Educación Superior

**DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN
DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y
BIOLOGÍA DE SISTEMAS
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
*OPES-34/2011***



M.Sc. Alexander Cox Alvarado
División Académica



CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES)

DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA *OPES-34/2011*



M.Sc. Alexander Cox Alvarado
División Académica

Consejo Nacional de Rectores. Oficina de Planificación de Educación Superior
OPES 34/2011. Dictamen sobre la propuesta de creación de la Maestría en Bioinformática y
Biología de sistemas de la Universidad de Costa Rica / CONARE. – San José
C.R. : Académica 2011.
35 p. ; 28 cm.

1. BIOINFORMATICA. 2. BIOLOGIA DE SISTEMAS. 3. PERFIL ACADEMICO
PROFESIONAL. 4. PROGRAMA DE ESTUDIOS. 5. PLAN DE ESTUDIOS.

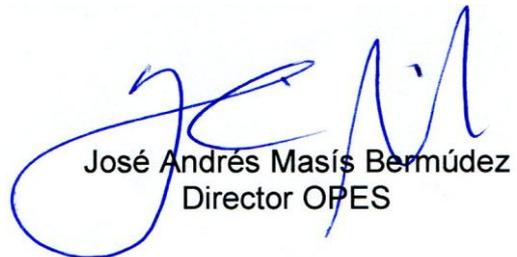


Presentación

El estudio que se presenta en este documento, (OPES-34/2011) se refiere al dictamen sobre la propuesta de creación de la Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas de la Universidad de Costa Rica.

El dictamen fue realizado por el M.Sc. Alexander Cox Alvarado, investigador IV de la División Académica de la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES). La revisión del documento estuvo a cargo del Mag. Fabio Hernández Díaz, Jefe de la División citada.

El presente dictamen fue aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión 20-2011, artículo 6, celebrada el 19 de julio 2011.



José Andrés Masís Bermúdez
Director OPES

**DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACION
DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA DE SISTEMAS
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

Índice

	Página
1. Introducción	1
2. Datos generales	2
3. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados	2
4. Justificación	3
5. Desarrollo académico del campo de la Maestría propuesta	6
6. Propósitos del posgrado	7
7. Perfil académico-profesional	8
8. Requisitos de ingreso	10
9. Requisitos de graduación	11
10. Listado de las actividades académicas del posgrado	11
11. Descripción de las actividades académicas del posgrado	11
12. Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas	11
13. Recursos físicos, administrativos, financieros y bibliográficos e infraestructura que se usará para el desarrollo del posgrado	13
14. Conclusiones	14
15. Recomendaciones	14
Anexo A: Plan de estudios	15
Anexo B: Programas de los cursos	18
Anexo C: Profesores y tutores de las actividades de la Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas	28
Anexo D: Profesores de los cursos de la Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas	30

1. Introducción

La solicitud para impartir la *Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas* en la Universidad de Costa Rica (UCR) fue solicitada al Consejo Nacional de Rectores por la señora Rectora de la UCR, Dra. Yamileth González García, en nota R-2295-2011, del 7 de abril, con el objeto de iniciar los procedimientos establecidos en el *Fluxograma para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes*¹. El CONARE, en la sesión 14-2011, del 24 de mayo, acordó que la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES) realizara el estudio correspondiente.

Cuando se proponen posgrados nuevos se utiliza lo establecido en el documento *Metodología de acreditación de programas de posgrado: Especialidad Profesional, Maestría y Doctorado*² y en el Fluxograma mencionado, el cual establece doce grandes temas, que serán la base del estudio que realice la OPES para autorizar los programas de posgrado que se propongan. Estos son los siguientes:

- Datos generales
- Autorización para impartir posgrados
- Justificación del posgrado.
- El desarrollo académico del campo de estudios en que se enmarca el posgrado.
- Propósitos del posgrado
- Perfil académico-profesional
- Requisitos de ingreso
- Requisitos de graduación
- Listado de las actividades académicas del posgrado
- Descripción de las actividades académicas del posgrado
- Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas.

- Recursos físicos, administrativos, financieros y bibliográficos, e infraestructura que se usará para el desarrollo del posgrado.
- Otros aspectos que se consideren importantes según criterio de la universidad o de la OPES.

A continuación se analizarán cada uno de estos aspectos.

2. Datos generales

La unidad académica base de la Maestría en *Bioinformática y Biología de Sistemas* será la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica y formará parte del Programa de Posgrado en Ciencias Biomédicas. La maestría será de la modalidad académica.

La duración total del posgrado será de cinco semestres. Se ofrecerán dos semestres por año. Se abrirá la matrícula una vez cada dos años. El número de promociones será indefinido. Se otorgará el diploma de *Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas*.

3. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados

La Escuela de Medicina será la unidad base de la Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas. La Facultad de Medicina se abre en 1960, con únicamente la carrera de Medicina. La Facultad incluye en su seno en 1975 a la Escuela de Enfermería, creándose con el resto de ella la Escuela de Medicina.

La Escuela imparte además más de 50 especialidades de posgrado. Además, imparte las maestrías en Ciencias Biomédicas, en Ciencias Neurológicas y en Ciencias Morfológicas, autorizadas por el Consejo Nacional de Rectores en 1976, 2009, y 2010, respectivamente.

4. Justificación

Sobre la justificación, la Universidad de Costa Rica envió el siguiente resumen:

“Hoy en día la Biología se ha convertido en una ciencia de información, con el impulso de proyectos como el de secuenciación del genoma humano así como el de otros organismos. La gran cantidad de datos y el almacenamiento e interpretación de los mismos, han dirigido esfuerzos hacia el surgimiento de una disciplina que aplica métodos computacionales en las ciencias de la vida: la Bioinformática.

A partir del análisis en el mercado europeo y americano, en aplicaciones bioinformáticas, podemos ver la necesidad del surgimiento de proyectos tecnopresariales que motiven el fortalecimiento de esta disciplina en nuestro país. Aplicaciones gráficas en análisis de microorganismos y en enfermedades como el cáncer son perfectamente posibles de confeccionar en nuestro medio. Esto podría abrir posibilidades de trabajo y creación de empresas de tecnología de punta en los campos de la Medicina, Biología, Agronomía, Microbiología y Odontología en Costa Rica. Por ejemplo, los analizadores de proteínas diseñados (como productos de software) por empresas alemanas, francesas e italianas, tienen actualmente un gran potencial, pero disponen de una gran limitación en las interfaces de usuario. Un punto fuerte para las empresas tecnológicas de Costa Rica, sería el poder detectar los puntos altos de las necesidades de los usuarios del área, amparados bajo las normas correctas de la ingeniería de requisitos, protocolos y calidad. Finalmente, es de interés proponer proyectos en Bioinformática/ Biocomputación (Biología aplicada a la computación), que permitan abrir oportunidades de diferente índole en nuestro medio laboral

La Bioinformática es una ciencia relativamente nueva e independiente que impulsa la integración de las Ciencias Biológicas y la Informática. No es una suma de disciplinas, es un concepto que fusiona, integra y amplía los límites de cada una y se extiende más allá, y su crecimiento es táctico fundamentalmente en los extraordinarios adelantos científicos actuales en las técnicas de secuenciación genómica y otras metodologías moleculares.

Por razones históricas, la Bioinformática se ha asociado con la aplicación de la Informática (la ciencia de adquirir y manipular datos) al análisis específico de información genética. Sin embargo, la Bioinformática es mucho más amplia y se define como la aplicación de la Informática a la Biología (la ciencia que estudia los seres vivos).

La revolución tecnológica está teniendo un impacto importante en diferentes áreas de la Biología y la Biomedicina. Gracias a los nuevos enfoques experimentales y nuevas técnicas de investigación ahora se pueden obtener, en tiempos muy bre-

ves, grandes volúmenes de información biológica, los cuales necesitan ser analizados con técnicas informáticas para poder extraer conocimiento de utilidad y con aplicaciones biomédicas. Actualmente, se considera que la Bioinformática maneja y supera la magnitud de información que generan las investigaciones adquiridas en otras disciplinas científicas. Por ello, industrias farmacéuticas y agrícolas, entre otras, han realizado fuertes inversiones económicas, con la idea de que la Bioinformática se constituirá en una disciplina clave en las futuras investigaciones y desarrollo tecnológico de las naciones.

Según el National Center for Biotechnology Information (NCBI), poseedor de una de las bases de datos biológicos más importantes del mundo, el GenBank (base de datos de secuencias de nucleótidos), la Bioinformática es el campo de la ciencia en donde la biología, las ciencias de la computación, y las tecnologías de información se funden en una sola disciplina. Su objetivo principal es el descubrimiento de nuevos indicios biológicos así como también crear una perspectiva global con la cual poder unificar algunos principios básicos. En otras palabras, la Bioinformática es una ciencia que organiza, almacena, procesa y analiza los datos e información de carácter biológico para lo cual emplea diversas herramientas tecnológicas en su propósito por encontrar soluciones para el bienestar humano y la conservación de la biodiversidad.

La Bioinformática está basada en el diseño y construcción de algoritmos, aplicados al desarrollo e implementación de bases de datos estructurales, genéticos y moleculares, y a la modelación y simulación de formas, estructuras y procesos biológicos.

[...]

La Bioinformática ya tiene una gran cantidad de aplicaciones en la medicina moderna, como por ejemplo la confección de chips con información genética relevante en el diagnóstico de algunas enfermedades. Estos tests pueden ser usados para ayudar a los médicos a la hora de determinar estrategias terapéuticas y tratamientos clínicos de acuerdo a la información computacional genética expresada y registrada en estos dispositivos, aplicándose a una simple muestra de sangre o saliva.

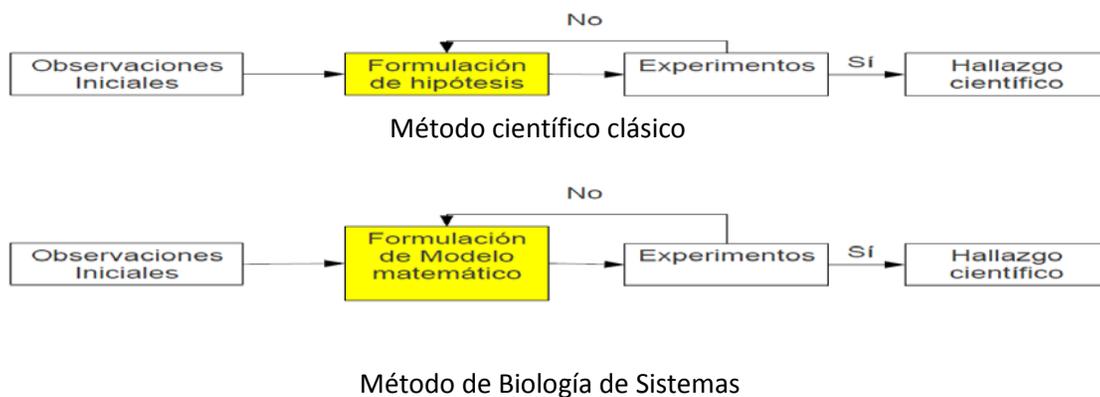
[...]

En el pasado, las tecnologías de la información en las ciencias biológicas tenían el único papel de ofrecer un soporte técnico a la investigación biológica. En la actualidad la Bioinformática ha dejado de ser únicamente una herramienta de soporte y se ha convertido en una auténtica disciplina científica capaz de realizar sus propias investigaciones aplicando rigurosamente el método científico. La nueva Biología *in silico* está fundamentada en la Bioinformática y en el desarrollo de experimentos y simulaciones en computadoras, tomando sus resultados preliminares como aproximaciones al trabajo no virtual efectuado mediante la experimentación real.

Es claro que el poder dominar aspectos como los flujos interactivos de información genética, predicción de funciones a partir de estructuras proteicas, problemas orgánicos del metabolismo y mantenimiento de controles biológicos mediante biomáquinas, puede ser de suma importancia para el ser humano con el propósito de diseñar medicamentos desde un punto de vista no convencional y tratar enfermedades en relación con el conocimiento genético-digital personalizado de cada individuo; situación que además, se constituirá en el nuevo objetivo de las empresas farmacéuticas y biotecnológicas en el futuro.

En su creación, la maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas tendría una misión principal cuyo propósito fundamental radicaría en innovar y apoyar al sector científico local y regional, abriendo puertas y nexos científicos y tecnológicos con el fin de establecer un nuevo modelo de conocimiento en beneficio del crecimiento económico de Costa Rica en la región de Centroamérica”³

Según los proponentes de la Maestría, la diferencia fundamental entre la investigación en Biología de Sistemas y la tradicional forma de investigación biológica consiste en que, luego de las observaciones iniciales, las hipótesis se formulan de acuerdo con un modelo matemático; al igual que en la investigación científica tradicional, el modelo es sometido a experimentación y si la hipótesis se sostiene, se obtiene un hallazgo científico. Lo anterior se ilustra en el siguiente gráfico⁴:



Entre los modelos matemáticos más usados en Biología de Sistemas se encuentran el análisis de componentes principales, las redes bayesianas, la lógica difusa y las ecuaciones diferenciales, sin excluir el uso de otros modelos provenientes particularmente del campo de la Ingeniería.⁵

5. Desarrollo académico del campo de la Maestría propuesta

La Universidad de Costa Rica envió el siguiente resumen sobre el desarrollo académico en el campo de la Maestría propuesta:

“Desde el año 2004, algunos círculos científicos y gubernamentales han tenido gran interés por impulsar el área de la Bioinformática en Costa Rica, como lo muestra una conferencia nacional en la temática organizada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT) y la Cámara de Tecnologías de Información y Comunicación (CAMTIC) de Costa Rica. Hoy en día, operan varias empresas de naturaleza bioinformática en el país, cuyos profesionales son altamente demandados.

En lo que se refiere propiamente al desarrollo académico del campo de estudios del posgrado, se puede señalar que en el año 2006 y con apoyo del MICIT, se logró aprobar en Estocolmo, la entrada de Costa Rica en la Red de Bioinformática Molecular Europea: EMBNET (Nodo Nacional de Bioinformática, Facultad de Medicina, con un servidor localizado en el Centro de Informática), con soporte de la Facultad de Medicina de la Universidad de Costa Rica (UCR). Su propósito principal inicialmente era el de capacitar a diferentes profesionales del área de la salud en Bioinformática y Genómica aplicada con los sistemas EMBOSS. En la Escuela de Medicina se ha impartido un curso de servicio de Bioinformática dirigido a diferentes profesionales de la UCR (en el año 2005) y luego se impartieron cursos a nivel de grado en Bioinformática y laboratorios de Farmacogenómica (2006-2008) en las carreras de Medicina, Odontología, Microbiología y Farmacia; con charlas en Bioinformática en la Maestría de Farmacología del Posgrado de Ciencias Biomédicas (2005-2007).

En la Facultad de Medicina de la UCR, en el 2005 se iniciaron las prácticas de bioinformática para estudiantes de Medicina y luego se ampliaron a otras áreas debido a la gran demanda (Microbiología, Farmacia y Odontología).

Por otra parte, en el Posgrado en Ciencias de la Computación e Informática de la UCR se imparten cursos de Introducción a la Biología Molecular Computacional y de Sistemas Complejos Adaptables (donde se incluyen algunos temas biológicos) desde hace varios años con gran interés por parte de los estudiantes de este posgrado. Recientemente también se imparte por primera vez en el 2009 el curso Temas Especiales en Bioinformática, en donde se matriculan estudiantes tanto del posgrado en Computación como del posgrado en Ciencias Biomédicas. En la Escuela de Biología de la UCR se imparte también un curso de Bioinformática para estudiantes de la carrera y el posgrado en Biología. Ambos cursos han sido calificados satisfactoriamente y han sido promotores de la creación de algunos trabajos de tesis muy interesantes.”⁶

“En realidad, la apertura de la maestría, más que basarse en una experiencia en docencia, investigación o acción social por parte de la Escuela, se basa en los siguientes tres aspectos:

- Los esfuerzos relativamente aislados de investigación en este campo emergente de parte de académicos de la Universidad de Costa Rica.
- La necesidad de coordinar las investigaciones citadas en el punto anterior.
- La necesidad de formar más investigadores y de generar más investigación en este campo emergente que promete tanto a la humanidad.

El posgrado propuesto trabajará estrechamente relacionado con los siguientes institutos y centros de investigación:

- Instituto de Investigaciones en Salud (INISA).
- Instituto Clodomiro Picado.
- Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMic).”⁷

Algunas de las líneas de investigación que tendrá la maestría propuesta son las siguientes:

- Bioinformática y Biología computacional
- Medicina genómica
- Proteómica
- Bioingeniería
- Nanotecnología
- Biología de Sistemas
- Biocomputación

6. Propósitos del posgrado

- Formar profesionales de Biología y Ciencias de la Salud, mediante la enseñanza de conocimientos integrados en Tecnologías de Información y Biología Celular y Molecular, en el manejo y análisis de información de origen biológico, con implicaciones en las áreas de la genómica, proteómica y modelaje de redes celulares, entre otras.

7. Perfil académico-profesional

Conocimientos

Se espera que al finalizar el programa el graduado tendrá la capacidad de:

- Combinar las Ciencias de la Computación, Tecnologías de Información, Genética y Biología Molecular con el fin de determinar y analizar la información proveniente de secuencias y estructuras biológicas.
- Disponer de los conocimientos fundamentales para trabajar de forma interdisciplinaria en proyectos de investigación en Bioinformática.
- Conocer las necesidades actuales de la Biología y su relación con la gestión y almacenamiento de información para analizar sistemas biológicos complejos.
- Diseñar flujos de trabajo que soporten la integración del conocimiento biológico.
- Diseñar interfaces de usuario y ontologías de acuerdo a los protocolos de uso de múltiples laboratorios de Bioinformática mediante el empleo de lenguajes de alto nivel como aplicaciones *web*.
- Interpretar información y encontrar conocimiento sistemático clave para entender el funcionamiento celular de los seres vivos desde una perspectiva computacional.
- Diseñar y construir modelos y bases de datos relacionales optimizados dentro de un sistema de información con perfil biológico.
- Desarrollar la capacidad para construir simulaciones virtuales a partir de modelos biológicos desarrollados por medio del análisis de sistemas reales referentes.
- Desarrollar la capacidad para encontrar puntos activos en estructuras de biomoléculas para proponer y aportar información valiosa en el diseño de fármacos específicos mediante el empleo de programas y paquetes computacionales de amplio uso a nivel mundial.
- Aplicar su conocimiento integral tanto de Ciencias Biológicas como en Informática y computación para la programación de estrategias de conservación, y pa-

ra el registro de las especies de la biodiversidad nacional, mediante herramientas de planificación geográfica basado en técnicas moleculares.

- Diseñar y desarrollar sistemas de computación paralela y de altas prestaciones para establecer *clusters* que administren y proporcionen servicios de acceso clasificado de datos e imágenes de origen biológico.
- Almacenar, administrar, analizar y tratar la información de modelos de familias de enfermedades genéticas y sus procesos bioquímicos celulares mediante el empleo de sistemas de cómputo.
- Analizar relaciones evolutivas a partir del alineamiento de proteínas similares mediante el empleo de herramientas informáticas filogenéticas.
- Participar en el diseño de medicinas y fármacos empleando como base las técnicas de bioprospección para tratar y curar enfermedades de gran impacto en la humanidad y demás, empleando herramientas informáticas.
- Comprender la integración de plataformas tecnológicas de la bioingeniería y nanomedicina en investigaciones de alto nivel en bioinformática.

Habilidades y destrezas

Se espera que al finalizar el programa el graduado tendrá la:

- Habilidad para construir algunos algoritmos y el conocimiento suficiente sobre las ciencias biológicas para ser aplicados en la generación de productos de software orientados hacia el campo de la Biocomputación.
- Destreza para integrar el conocimiento proveniente de las áreas biológica, biomédica y biotecnológica con el fin de aplicarlo en la gestión, diseño e implementación de herramientas informáticas.
- Habilidad de manejar herramientas computacionales para extraer conocimiento biológico (búsqueda de patrones y minería de datos) con el fin de mejorar la eficiencia y rendimiento de su desempeño profesional.

- Capacidad de probar soluciones tecnológicas y optimizar las mismas para encontrar respuestas automatizadas a los diferentes problemas provenientes del área de la biología y la salud.

Actitudes y valores

Se espera que al finalizar el programa el graduado:

- Dispondrá de una visión integradora y de trabajo multidisciplinario en las diferentes tecnologías convergentes relacionadas con la Bioinformática.
- Aplicará el análisis creativo para encontrar soluciones que requieren alternativas innovadoras.
- Aplicará la disciplina y orden sistemático en la planificación laboral de sus actividades.
- Poseerá la facilidad para aprender de una forma autodidacta en la complejidad de su especialización.
- Poseerá el interés permanente para emprender nuevos retos científicos y tecnológicos.

8. Requisitos de ingreso

Según la Universidad de Costa Rica, los requisitos de ingreso son los siguientes:

- Poseer un Bachillerato universitario en Biología o Ciencias de la Salud. El ingreso de estudiantes con Bachillerato en otras disciplinas estará sujeto a lo que establezca la Comisión de Posgrado en Ciencias Biomédicas y deberán aprobar las asignaturas de nivelación que ésta determine.
- Poseer un promedio de notas ponderado durante su carrera de grado mayor o equivalente a 8 en una escala máxima de 10.

Los postulantes deberán además cumplir con los requisitos administrativos o de otra índole que señale la Universidad de Costa Rica.

La permanencia en la Maestría está determinada por lo que establece al respecto el Reglamento del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica.

9. Requisitos de graduación

Se establece como requisito de graduación la aprobación de todos los cursos y las actividades del plan de estudios, incluyendo la presentación y defensa de una tesis de maestría.

10. Listado de las actividades académicas del posgrado

El plan de estudios de la Maestría consta de sesenta créditos, distribuidos en cinco semestres y se presenta en el Anexo A. Las actividades del plan de estudios de esta modalidad se pueden categorizar de la siguiente manera:

- Seis cursos de dos créditos.
- Seis cursos de tres créditos.
- La investigación de tesis, con un total de treinta créditos, dividida en *Investigación de tesis I, II y III*, cada una con ocho créditos, y la *Presentación de la tesis*, con seis créditos.

11. Descripción de las actividades académicas del posgrado

Los programas de los cursos y las actividades de investigación se muestran en el Anexo B.

12. Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas.

Los requerimientos mínimos para el personal docente que participa en una maestría académica son los siguientes:

- El personal académico debe poseer al menos el nivel académico de Maestría debidamente reconocido y equiparado, si fuese del caso, o bien el de Especialidad

Profesional en aquellas disciplinas en las cuales tradicionalmente se ha favorecido la especialidad como formación de posgrado.

- Preferiblemente, al menos la mitad de los docentes del equipo básico, deberá poseer el grado de doctorado académico o ser investigadores activos.
- Los profesores del posgrado deben tener una dedicación mínima de un cuarto de tiempo.

Los profesores de los cursos de la Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas son los que se indican en el Anexo C. En el Anexo D se indica el título y grado del diploma respectivo de posgrado de cada uno de los docentes. Todas las normativas vigentes se cumplen.

13. Recursos físicos, administrativos, financieros y bibliográficos, e infraestructura que se usará para el desarrollo del posgrado.

La Universidad de Costa Rica envió la siguiente información referida a los recursos físicos y administrativos con que contará el posgrado para su funcionamiento:

“Los estudiantes de Maestría se beneficiarán con el apoyo del Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información de la Universidad de Costa Rica, en especial de la Biblioteca Carlos Monge Alfaro y de la Biblioteca de la Salud.

La Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas estará ubicada en el Programa de Posgrado en Ciencias Biomédicas de la Escuela de Medicina. Este Programa cuenta con una oficina debidamente equipada, una Directora y una Secretaria. La Maestría utilizará la infraestructura de la Escuela de Medicina.

La Maestría es con financiamiento complementario y éste cubre los tiempos docentes con recursos provenientes del pago de matrícula de los estudiantes.”⁸

La Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica cuenta con el espacio físico y los medios audiovisuales necesarios para impartir lecciones de manera adecuada y confortable en un edificio que está en constante mejoramiento, pues se reparó toda la tubería de agua, todo el sistema eléctrico, se instaló un generador eléctrico, que se utiliza en caso de fallos del suministro de corriente, y se remodelaron los baños y los auditorios. Cuenta con dos salas de cómputo, una de

ellas con aire acondicionado, donde todas las computadoras tienen conexión individual a internet. Además, se cuenta con laboratorios de investigación y con centros especializados en el manejo de animales de laboratorio como el Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEBI).

En cuanto al área de biblioteca se cuenta con una biblioteca bien equipada que garantiza la literatura necesaria y adecuada para apoyar un proyecto de investigación. Se cuenta con una biblioteca de cinco pisos incluyendo un auditorio. La Biblioteca de Salud está dotada de literatura científica, incluyendo revistas periódicas impresas, y revistas especializadas [...]. Esta biblioteca cuenta con salas de estudio grupal, sala de cómputo con modernas computadoras de pantalla plana, con conexión a internet. Además, cuenta con acceso a bases de literatura científica médica de reconocido prestigio internacional como el HEBSCO HOST, HINARI, DYNAMED, ACCESS MEDICINE, OVID, IDIS Y SCIENCE DIRECT donde los estudiantes pueden acceder de forma gratuita a la literatura internacional más relevante. Además, la biblioteca cuenta con acceso a libros de medicina a texto completo a través de la base de datos Access Medicine.

La Escuela de Medicina cuenta con dos laboratorios de cómputo en donde todos los equipos cuentan con conexión a internet para facilidad de los estudiantes y donde se puede impartir incluso lecciones. Además, la Facultad de Medicina cuenta con una sala de cómputo y con personal de apoyo para la docencia, a través del Núcleo de Investigación y Desarrollo (NIDES) de lo cual también se podrá hacer uso. Se cuentan con auditorios y aulas con equipo de cómputo y multimedia para tener un buen nivel de apoyo a la docencia.

Este posgrado cuenta con bibliotecas específicas para el desarrollo del campo, como son la Biblioteca de la Salud, el BINASSS, la sala del NIDES (foros virtuales, biblioteca virtual específica, acceso a internet), laboratorios como el de Biología Molecular, Laboratorio de Microscopía Electrónica, entre otros.

Para el desarrollo de los cursos y de la investigación se contará con el apoyo de la Facultad de Medicina, Instituto de Investigaciones en Salud (INISA), Centro de Investigaciones en Biología Celular y Molecular (CIBCM), Laboratorio de experimentos biológicos (LEBI), Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIE-Mic) y el Instituto Clodomiro Picado.”⁹

14. Conclusiones

- La propuesta cumple con la normativa aprobada por el CONARE en el *Convenio para crear una nomenclatura de grados y títulos de la Educación Superior Estatal*, en el *Convenio para unificar la definición de crédito en la Educación Superior* y con los procedimientos establecidos por el *Flujograma para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes* ¹ y en la *Metodología de acreditación de programas de posgrado: Especialidad Profesional, Maestría y Doctorado* ².

15. Recomendaciones

Con base en las conclusiones del presente estudio, se recomienda lo siguiente:

- Que se autorice a la Universidad de Costa Rica para que imparta la *Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas*.
- Que la Universidad de Costa Rica realice evaluaciones internas durante el desarrollo del posgrado.
- Que la OPES considere la evaluación del posgrado propuesto después de cinco años de iniciado.

1) Aprobado por CONARE en la sesión N°02-04 del 27 de enero de 2004 y modificado por el Consejo Nacional de Rectores en las sesiones N°16-2005, artículo 3, celebrada el 7 de junio de 2005, N°27-05, artículo 3, celebrada el 6 de setiembre de 2005 y N°33-2009, artículo 5, celebrada el 3 de noviembre de 2009.
2) Aprobada por el CONARE en la sesión 19-03, artículo 2, inciso c), del 17 de junio de 2003.
3, 6, 7 y 8) Propuesta de apertura de la Maestría en Bioinformática y Biología de Sistemas, Universidad de Costa Rica, 2011.
4) Presentación del Dr. Rodrigo Mora Rodríguez.
5) Conversación con la Dra. Cecilia Díaz Oreiro y el Dr. Rodrigo Mora Rodríguez, el 6 de junio de 2011.
9) Propuesta de apertura de la Maestría en Ciencias Neurológicas, Universidad de Costa Rica, 2010.

ANEXO A

**PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA DE
SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

ANEXO A

PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA (modalidad académica)

CICLO Y NOMBRE DEL CURSO	CRÉDITOS
<u>Primer semestre</u>	<u>8</u>
Bioinformática	2
Programación	2
Bases de datos y análisis de secuencias biológicas	2
Estadística bioinformática y diseño experimental	2
<u>Segundo semestre</u>	<u>13</u>
Genómica y proteómica computacional	3
Paradigmas computacionales	2
Investigación de tesis I	8
<u>Tercer semestre</u>	<u>13</u>
Minería de datos	2
Modelación y simulación de estructuras biomoleculares	3
Investigación de tesis II	8
<u>Cuarto semestre</u>	<u>14</u>
Biología de sistemas	3
Farmacogenómica	3
Investigación de tesis III	8

CICLO Y NOMBRE DEL CURSO	CRÉDITOS
<u>Quinto semestre</u>	<u>12</u>
Modelaje de sistemas biológicos y optimización de modelos matemáticos	3
Inmunoinformática	3
Presentación de tesis	6
<i>Total de créditos de la Maestría</i>	60

ANEXO B

**PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA
Y BIOLOGÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA**

ANEXO B

PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Nombre del curso: BIOINFORMÁTICA

Créditos: 2

Objetivo general:

Lograr en el estudiante el dominio de los aspectos fundamentales de la Bioinformática Moderna y contribuir a la visión integradora de las diferentes aplicaciones tecnológicas que contribuyen al desarrollo de esta disciplina.

Temas y contenidos:

- Historia y entorno general de la bioinformática
- Definición de la bioinformática y sus respectivas divisiones
- Datos y tecnologías en bioinformática
- Recursos de bases de datos biológicos: ADN y proteínas
- Recursos de bases de datos: genomas y proteomas
- Aspectos de genómica y proteómica computacional
- Aspectos generales del Análisis de Secuencias
- Métodos de análisis de secuencias I: ADN
- Métodos de análisis de secuencias II: proteínas
- Análisis y simulación de estructuras de proteínas
- Técnicas de inteligencia artificial y bioinformática
- Sistemas biológicos y metabólicos
- Biología estructural con nanotecnología

Nombre del curso: PROGRAMACIÓN

Créditos: 2

Objetivo general:

Proveer formación básica en programación utilizando un ambiente orientado a objetos.

Temas y contenidos:

- Arquitectura de una computadora: Hardware y software, programas.
- Sistemas numéricos y representación de datos
- Concepto de programación.

- Introducción a la programación orientada a objetos.
- Tipos de datos.
- Definición de variable.
- Utilización de variables.
- Entrada y salida básica
- Expresiones y operadores
- Instrucciones y estructuras de control
- Métodos: funcionamiento
- Constructores y destructores
- Herencia
- Prácticas y convenciones de codificación y documentación
- Hileras o cadenas de caracteres

Nombre del curso: BASES DE DATOS Y ANÁLISIS DE SECUENCIAS BIOLÓGICAS

Créditos: 2

Objetivo general:

Contribuir a que los estudiantes de la Maestría adquieran conocimientos fundamentales sobre el diseño, desarrollo y gestión de bases de datos biológicas.

Temas y contenidos:

- Introducción (principales diferencias de las bases de datos biológicas con respecto a las bases de datos tradicionales)
- Datos semi-estructurados y XML
- Uso de paralelismo, sistemas distribuidos y servicios web
- Integración de bases de datos biológicas
- Tipos de bases de datos biológicas (de secuencias de ADN, de proteína, de genomas, de expresión de genes)
- Tipos de bases de datos biológicas (de interacción de proteínas, de estructura y 3D).
- Acceso programático a bases de datos biológicas y herramientas de análisis
- Programación en lenguaje script (PERL)
- Conceptos de diseño e implementación de bases de datos biológicas
- Bases de datos en Biomedicina
- Diseño de bases de datos biológicas I
- Diseño de bases de datos biológicas II
- Diseño de bases de datos biológicas III

Nombre del curso: ESTADÍSTICA BIOINFORMÁTICA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Créditos: 2

Objetivo del curso

Formar al estudiante en los métodos estadísticos básicos que se utilizarán para el análisis de los datos bioinformáticos de diversa índole, principalmente los relacionados con información genómica.

Temas y contenidos:

- Bases de genética, datos genéticos y muestreo genético
- Diseño experimental para estudios biológicos
- Genética de poblaciones
- Análisis completo del genoma, de los datos genómicos y postgenómicos

Nombre del curso: PARADIGMAS COMPUTACIONALES

Créditos: 2

Objetivos:

Formar a los estudiantes en procesos con programación paralela, búsqueda en espacios de soluciones, programación dinámica, sistemas distribuidos y servicios web.

Temas y contenidos:

- Paralelismo (fundamentos teóricos, ejemplos de algoritmos paralelos y prácticas de laboratorio)
- Búsquedas en espacios de soluciones (teoría de espacio de soluciones, soluciones óptimas y aproximadas, búsqueda exhaustiva, búsqueda con ramificación y acotamiento, heurísticas)
- Programación dinámica (aplicada al cálculo de *edit distance* y al alineamiento de secuencias)
- Algoritmos genéticos
- Servicios web
- Manejo de flujos de trabajo

Nombre del curso: MINERÍA DE DATOS

Créditos: 2

Objetivo general:

Conocer y asociar técnicas de análisis de datos con los diferentes tipos de problemas encontrados en Bioinformática.

Contenidos del curso:

- Estudio de diferentes formas de almacenamiento de datos.
- Selección de herramientas adecuadas para repositorio de datos.
- Estudio de las diversas técnicas de aprendizaje automático.
- Aplicación de las técnicas de aprendizaje automático según el tipo de problema a solucionar, especialmente a través de las herramientas de minería de datos, inteligencia artificial, análisis de imágenes, simulación, entre otros.

Nombre del curso: GENÓMICA Y PROTEÓMICA
COMPUTACIONAL

Créditos: 3

Objetivo general:

Introducir al estudiante en el estudio de la caracterización molecular de proteínas y sus funciones y correlacionar estos parámetros con las respectivas secuencias genéticas.

Temas y contenidos:

- Importancia de la genómica y proteómica en la industria e investigación aplicada
- Introducción al estudio de los genomas y proteomas
- Genomas eucariotas
- Genomas procariotas
- Bases de datos en genomas completos y comparativos
- Genes ortólogos
- Genes conservados y evolución
- Genómica y proteómica comparativa
- (herramientas bioinformáticas)
- Redes metabólicas y genómica
- Predicción funcional mediante genómica comparativa
- Proteómica comparativa
- Bases de datos funcionales en proteomas
- Rutas bioquímicas metabólicas y proteómica

Nombre del curso: MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE
ESTRUCTURAS BIOMOLECULARES

Créditos: 3

Objetivo general:

Contribuir con la adquisición de conocimientos básicos sobre modelación y simulación de estructuras moleculares y desarrollar habilidades de la modelación en tres dimensiones de secuencias de proteínas y otras moléculas y su representación funcional.

Temas y contenidos:

- Introducción a las estructuras de proteínas
- Bases de datos de estructuras de proteínas
- Métodos de predicción de estructuras secundarias
- Introducción a la modelación y simulación
- Simulación de la evolución por computadora
- (Practica de Laboratorio)
- Introducción a la teoría de la dinámica molecular
- Modelación y predicción por homologías
- Modelación por Threading
- Modelación ab initio
- Herramientas tecnológicas de uso más frecuentes para simulación de estructuras biomoleculares
- Modelación y simulación de estructuras de proteínas
- Caso de estudio I: Predicción de estructura de proteína
- Caso de estudio II: Predicción de estructura de proteína

Nombre del curso: FARMACOGENÓMICA

Créditos: 3

Objetivo general:

Introducir al estudiante en los fundamentos de la farmacogenómica con soporte de diversas de métodos simulativos y tecnologías bioinformáticas.

Temas y contenidos:

- Introducción a la farmacogenómica
- Principios básicos de farmacogenética
- Variabilidad genética, dosificación y respuesta de fármacos
- Aplicaciones genómicas y proteómicas
- Análisis de polimorfismos (SNPs) y microarreglos
- Marcadores de respuesta a drogas. Lab
- Mecanismos de acción de fármacos:
- Genética de activación metabólica
- VG I: Variación y proteínas objetivo
- VG II: Enzimas metabolizadoras en drogas
- VG III: Fisiología
- Farmacogenómica y medicamentos antidepresivos. Lab
- Farmacogenómica y medicamentos antipsicóticos. Lab
- Microarreglos Test toxicogenómicos (CYP450) y procesamiento bioinformático. Lab
- Farmacogenómica clínica.

Nombre del curso: BIOLOGÍA DE SISTEMAS

Créditos: 3

Objetivo general:

Introducir al estudiante en los fundamentos de la biología de sistemas.

Temas y contenidos:

- Definición de Biología de Sistemas y propiedades de modelos matemáticos.
- Diseño experimental en Biología de Sistemas: análisis de datos, minería de datos y modelaje matemático.
- Bases de datos y herramientas.
- Análisis de Datos: análisis de imágenes, ADN y expresión de datos, y automatización de análisis de datos.
- Minería de datos: introducción, algoritmos de agrupamiento e ingeniería reversa de redes reguladoras.
- Modelaje Matemático: introducción, propiedades de modelos matemáticos, ingeniería reversa a partir de datos experimentales, análisis de sensibilidad, control metabólico y formulación de hipótesis inducidas por los datos.
- Perspectivas de Biología de Sistemas.

Nombre del curso: MODELAJE DE SISTEMAS BIOLÓGICOS Y OPTIMIZACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS

Créditos: 3

Objetivo general:

Formar al estudiante en el tema de biología de sistemas y su optimización desde el punto de vista matemático.

Temas y contenidos:

- Alcances de Biología de Sistemas en diferentes campos.
- Introducción a diferentes enfoques: ecuaciones diferenciales ordinarias, Modelaje con lógica difusa, modelaje bayesiano, modelaje booleano.
- Modelaje de la expresión de genes: ecuaciones diferenciales ordinarias, teoría de grafos, redes bayesianas, redes booleanas.
- Modelaje del metabolismo: Cinética de enzimas, glicólisis.
- Teoría de control y el análisis de control metabólico.
- Modelaje de transducción de señales.
- Modelaje de osciladores.
- Técnicas de inferencia de topologías de red. Redes booleanas.
- Técnicas de inferencia de topologías de red. Modelo neuronal y de lógica difusa. Biología de sistemas de la evolución.
- Optimización de modelos matemáticos

Nombre del curso: INMUNOINFORMÁTICA

Créditos: 3

Objetivo general:

Formar al estudiante en el tema de la Inmunoinformática y entender las aplicaciones bioinformáticas para desarrollar estrategias inmunológicas.

Temas y contenidos:

- Introducción a la inmunoinformática
- Bases de datos especializadas y recursos disponibles
- Bases de datos de secuencias inmunológicas
- Bases de datos de epitopos
- Bases de datos de patógenos (ejemplo VIH)
- Modelos sistémicos que describen la respuesta inmune
- Predicción de epitopos de células B
- Modelaje de eventos de procesamiento de antígenos
- Predicción de epitopos de células T
- Formulación de vacunas: vacunas diseñadas por computadora
- Parámetros para cuantificar la eficacia de un modelo
- Validación de los modelos inmunoinformáticos

Cursos de investigación:

Nombre del curso: INVESTIGACIÓN DE TESIS I

Créditos: 8

Objetivos:

- Realizar la búsqueda bibliográfica sobre el tema referente al anteproyecto de tesis del estudiante.
- Discutir con el comité asesor el futuro proyecto, en términos del problema que se pretende abordar, las hipótesis, los objetivos, la metodología, la factibilidad y el cronograma a realizarse.
- Escribir el anteproyecto y presentarlo por escrito a la comisión del posgrado para su evaluación y posible aprobación.

Temas y contenidos:

De acuerdo con el tema de la tesis de maestría.

Nombre del curso: INVESTIGACIÓN DE TESIS II

Créditos: 8

Objetivos:

- Realizar la preparación de la presentación oral del anteproyecto de tesis.

- Estudiar los temas referentes a su anteproyecto de tesis y otros temas relacionados con las ciencias biomédicas para hacer frente al examen de candidatura.
- Presentar el anteproyecto en forma oral y someterse al examen de candidatura.

Temas y contenidos:

De acuerdo con el tema de la tesis de maestría.

Nombre del curso: INVESTIGACIÓN DE TESIS III

Créditos: 8

Objetivo:

Realizar los experimentos y trabajos relacionados con la tesis de maestría, llevando a cabo reuniones periódicas con su comité asesor y bajo la tutela directa de su asesor de tesis.

Temas y contenidos:

De acuerdo con el tema de la tesis de maestría.

Nombre del curso: PRESENTACIÓN DE TESIS

Créditos: 6

Objetivos:

- Con el trabajo realizado en los cursos de tesis anteriores, escribir la versión final del documento de tesis de maestría.
- Defender oralmente y en forma pública la tesis de maestría, una vez que ha sido aprobada por el comité asesor, en frente de un tribunal formado por este comité, el (la) director(a) del programa de maestría y el (la) decano(a) del SEP o un representante.

Temas y contenidos:

De acuerdo con el tema de la tesis de maestría.

ANEXO C

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA DE
SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

ANEXO C

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

CURSO

Bioinformática

Programación

Bases de datos y análisis de secuencias biológicas

Estadística bioinformática y diseño experimental

Genómica y proteómica computacional

Paradigmas computacionales

Investigación de tesis I, II y III

Minería de datos

Modelación y simulación de estructuras biomoleculares

Biología de sistemas

Farmacogenómica

Modelaje de sistemas biológicos y optimización de modelos matemáticos

Inmunoinformática

PROFESOR

Sergio Vargas Ramírez

Cecilia Díaz Oreiro

Juan Manuel Peralta Fernández

Lochi Yu

Alexandra Martínez Porras

Mahmood Sasa Marín

Alberto Alape Girón

Alan Calderón Castro

Arturo Camacho Lozano

Según el tema

Elzbieta Malinowska Gaida

Arturo Camacho Lozano

Alice Pérez Sánchez

Guy Lamoreux Lamontagne

Rodrigo Mora Rodríguez

Fernando Morales Montero

Melissa Vásquez Cerdas

Rodrigo Mora Rodríguez

Frederick Arce Vargas

ANEXO D

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y
BIOLOGÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
Y SUS GRADOS ACADÉMICOS**

ANEXO D

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA Y SUS GRADOS ACADÉMICOS

ALBERTO ALAPE GIRÓN

Licenciatura en Microbiología y Química Clínica, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Medicina, Instituto Karolinska, Suecia. Investigador en Proteómica y Genómica Computacional.

FREDERICK ARCE VARGAS

Licenciatura en Medicina y Cirugía, Universidad de Costa Rica. Especialidad en Medicina Oncológica, Universidad de Costa Rica. Maestría en Fisiología Celular, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Inmunología y Patología Celular, Universidad de Londres, Inglaterra (pendiente de reconocimiento y equiparación). Investigador en Inmunoinformática.

ALAN CALDERÓN CASTRO

Licenciatura en Ciencias de la Computación e Informática, Universidad de Costa Rica. Maestría en Ciencias Cognoscitivas, Universidad de Costa Rica.

ARTURO CAMACHO LOZANO

Doctorado en Ingeniería en Computación, Universidad de Florida, Estados Unidos de América.

CECILIA DÍAZ OREIRO

Doctorado en Biología, Universidad de Texas en Austin, Estados Unidos de América. Cursos en Bioinformática realizados en Argentina y en Trinidad y Tobago.

GUY LAMOREUX LAMONTAGNE

Doctorado en Química, Universidad de Harvard, Massachusetts, Estados Unidos de América. Investigador en modelajes de estructuras en Química Orgánica. Estudios de estructura-funciones en biomoléculas.

ELZBIETA MALINOWSKA GAIDA

Doctorado en Computación, Universidad Libre de Bruselas, Bélgica. Maestría en Computación, Universidad de Florida en Gainesville, Estados Unidos de América.

ALEXANDRA MARTÍNEZ PORRAS

Doctorado en Computación, Universidad de Florida en Gainesville, Estados Unidos de América. Investigadora en bases de datos biológicas. Profesora del curso Temas de Bioinformática en Maestría en Computación e Informática.

RODRIGO MORA RODRÍGUEZ

Licenciado en Microbiología y Química Clínica. Maestría en Microbiología, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Ciencias Naturales, Universidad de Heildeberg, Alemania (pendiente de reconocimiento y equiparación). Tesis doctoral e investigación en cánceres apoyado por Biología de Sistemas. Investigación posdoctoral en Biología de Sistemas en la Universidad de Heildeberg, Alemania.

FERNANDO MORALES MONTERO

Maestría en Biología, Universidad de Costa Rica. Doctorado en Genética, Universidad de Glasgow, Escocia. Investigador en análisis de genomas por medio de técnicas bioinformáticas, INISA.

JUAN MANUEL PERALTA FERNÁNDEZ

Maestría en Biología, Universidad de Costa Rica. Maestría en Computación e Informática, Universidad de Costa Rica. Investigador en el Centro de Biología Celular y Molecular.

ALICE PÉREZ SÁNCHEZ

Doctorado en Química, Universidad Simon Fraser, Columbia Británica, Canadá. Investigadora en modelajes de estructuras de biomoléculas.

MAHMOOD SASA MARÍN

Doctorado en Biología Cuantitativa, Universidad de Texas en Austin, Estados Unidos de América. Investigador en filogenia por medio de técnicas bioinformáticas.

SERGIO VARGAS RAMÍREZ

Maestría en Biología, Universidad de Costa Rica. Investigador en filogenia por medio de técnicas bioinformáticas.

MELISSA VÁSQUEZ CERDAS

Maestría en Biología, Universidad de Costa Rica. Investigadora en análisis de genomas por medio de técnicas bioinformáticas, INISA.

LOCHI YU

Doctorado en Ingeniería Eléctrica y Computación, Universidad de California en Irvine, Estados Unidos de América. Licenciado en Medicina y Cirugía, Universidad de Costa Rica. Bachillerato en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Investigador en aplicaciones informáticas a la biomedicina.

