

# CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación para la Educación Superior

## DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN BIOSISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



MSc. Alexander Cox Alvarado  
División Académica



*OPES ; no. 8-2015*

# CONSEJO NACIONAL DE RECTORES

Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES)

## DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN BIOSISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



MSc. Alexander Cox Alvarado  
División Académica

**OPES ; no. 8-2015**

378.728.6  
C877d

Cox Alvarado, Alexander

Dictamen sobre la propuesta de creación de la maestría en ingeniería en Biosistemas de la Universidad de Costa Rica / Alexander Cox Alvarado. -- San José, C.R. : CONARE - OPES, 2015.  
32 p. ; 28 cm. -- (OPES ; no. 08-2015).

ISBN 978-9977-77-137-3

1. INGENIERÍA. 2. BIOSISTEMAS. 3. OFERTA ACADÉMICA.  
4. MAESTRIA UNIVERSITARIA. 5. EDUCACIÓN SUPERIOR. 6. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. I. Título. II. Serie.

EBV



# Presentación

El estudio que se presenta en este documento (OPES-8/2015) se refiere al dictamen sobre la propuesta de creación de la Maestría en Ingeniería en Biosistemas 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), con base en el documento *Propuesta de creación de la Maestría Académica en Biosistemas*, elaborado por la Escuela de Ingeniería Agrícola.

La revisión del documento estuvo a cargo del Mag. Fabio Hernández Díaz, Jefe de la División Académica.

El presente dictamen fue aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión 12-15, artículo 5, celebrada el 25 de abril de 2015.



**Eduardo Sibaja Arias**  
Director a.i OPES

**DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN BIOSISTEMAS  
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

*Índice*

	Página
1. Introducción	1
2. Datos generales	2
3. Justificación	2
4. Desarrollo académico en el campo de la Maestría propuesta	4
5. Propósitos del posgrado	7
6. Perfil académico-profesional	8
7. Requisitos de ingreso	9
8. Requisitos de graduación	10
9. Listado de las actividades académicas del posgrado	10
10. Descripción de las actividades académicas del posgrado	10
11. Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas	11
12. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados	11
13. Conclusiones	11
14. Recomendaciones	12
Anexo A: Plan de estudios de la Maestría en Ingeniería de Biosistemas de la Universidad de Costa Rica	13
Anexo B: Programas de los cursos de la Maestría en Ingeniería de Biosistemas de la Universidad de Costa Rica	16
Anexo C: Profesores de los cursos de la Maestría en Ingeniería de Biosistemas de la Universidad de Costa Rica	22
Anexo D: Profesores de los cursos de la Maestría en Ingeniería de Biosistemas de la Universidad de Costa Rica y sus grados académicos	30

## 1. Introducción

La solicitud para impartir la *Maestría en Ingeniería de Biosistemas* en la Universidad de Costa Rica (UCR) fue solicitada al Consejo Nacional de Rectores por el señor Rector de la UCR, Dr. Henning Jensen Pennington, en nota R-1146-2015, del 24 de febrero, con el objeto de iniciar los procedimientos establecidos en el documento *Lineamientos para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes*<sup>1</sup>.

El CONARE, en la sesión 6-2014, artículo 6, inciso a) del 3 de marzo, acordó que la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES) realizara el estudio correspondiente. Cuando se proponen posgrados nuevos, como es este caso, se utiliza lo establecido en los Lineamientos mencionados, los cuales señalan los siguientes temas, que serán la base del estudio realizado por la OPES para autorizar los programas de posgrado propuestos:

- Datos generales
- Justificación del posgrado.
- El desarrollo académico en el campo de estudios en que se enmarca el posgrado.
- Propósitos del posgrado
- Perfil académico-profesional
- Requisitos de ingreso y de permanencia
- 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.
- Autorización para impartir posgrados

A continuación se analizarán cada uno de estos aspectos.

## 2. Datos generales

La unidad académica base de la Maestría en Ingeniería de Biosistemas será la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Costa Rica, adscrita a la Facultad de Ingeniería. La maestría será de la modalidad académica. La duración total de la maestría será de cuatro ciclos lectivos de dieciséis semanas cada uno y se ofrecerán dos ciclos al año. Se abrirá la matrícula cada año. Se ofrecerá de forma indefinida. Se espera iniciar con quince estudiantes. Se otorgará el diploma de *Maestría en Ingeniería de Biosistemas*.

## 3. Justificación

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

“La evolución de solamente *ingeniería agrícola* a incluir *ingeniería de biosistemas* obedece a varias circunstancias, algunas apremiantes y otras que representan una oportunidad o incluso un deber. Todo esto se trata de una evolución—mundial—que se inició cuando la relación entre los componentes de nuestro quehacer tradicional, la ingeniería aplicada a la agricultura, a sus productos y a su relación con el entorno, comenzó a cambiar y exigió adaptaciones que, con el paso de los años, crecieron, se diversificaron y llegaron hasta estar ya plasmadas en la composición de nuestro profesorado y en nuestros planes de estudio.

La ingeniería de biosistemas ha generado (o convergen en ella) varias ramas ingenieriles vigentes y relevantes, las cuales, más allá que su similitud en la aplicación de métodos y enfoques ingenieriles a la bio-producción y el manejo del ambiente natural, sobre todo han ido evidenciando similitud en principios generales y objetivos, que por cierto han evolucionado conjuntamente.

Sin embargo, recién a fines del siglo pasado se vino a hacer evidente que una gama de bio-ingenierías convergen en y nacen de una misma ingeniería: la ingeniería de biosistemas. Asistido por la revolución informática y la globalización, y azuzado por el crecimiento poblacional, esto devino por consolidaciones tecnológicas que permitieron abandonar una “miopía productivista” y, sobre todo, por circunstancias externas que nos enlazaron indefectiblemente a la capacidad de carga planetaria—es decir, a cuántos seres humanos viviendo sustentablemente bien soporta el planeta (algo que, por lo demás, se redefine día con día, avance con avance, región por región). Para ello se debió ampliar el foco que enfatizaba la producción y los productos para incluir cada vez más las relaciones con el entorno. Por ejemplo, lo que antes era mayormente consideraciones financieras, como regar o no regar, o tirar al río los residuos de la producción en vez de procesarlos, ahora se ha vuelto parte inseparable de grandes temas ambientales y económicos. En ese vasto esquema, la ingeniería de biosistemas representa un enfoque genérico, constituyéndose mayormente en una disciplina de investigación y de desarrollo e implementación de soluciones más generales, útiles para campos poco explorados que eventualmente se hacen más comunes.

Así, la creación de la Maestría Académica en Ingeniería de Biosistemas es una oportunidad de avance académico que responde a diversos cambios y necesidades en el ámbito nacional, regional y mundial. Dentro de una agenda nacional de desarrollo sostenible y un enfoque a lo eco-amigable, a nivel de grado se está ampliando nuestro quehacer pasando de solamente una disciplina ingenieril mayormente de aplicaciones (la ingeniería agrícola) a una disciplina ingenieril que además de las aplicaciones mayormente está basada en principios y métodos ingenieriles bien fundamentados en ciencias, no solo físicas sino también biológicas y químicas. Esto incrementa la gama de oportunidades y necesidades para ejercer, insertando la apertura del programa de posgrado como aprovechamiento de las coyunturas actuales.

La agricultura tradicional, además de haber expandido las opciones productivas y los productos (por ej. cultivos para bioenergía, horticultura hidropónica en ambientes controlados y agricultura de precisión manejada por información satelital), se ha diversificado para incluir otras formas de producción de alimentos y afines (por ej. la producción en ambiente acuático, desde microalgas hasta piscicultura). Así, en un contexto de diversificación en la producción de alimentos y afines y en el manejo de los productos, los principios generales que tradicionalmente han fundamentado a la ingeniería agrícola, han encontrado una mayor gama de aplicaciones en la ingeniería de biosistemas; entendiéndose como biosistema un sistema de dimensiones variables que incluye como aspecto esencial a los seres vivos, de allí que la agricultura es un biosistema.

Otro aspecto fundamental es que la relación de los sistemas productivos con su entorno, en la medida que se han ampliado e intensificado, ha ganado grandemente en relevancia. Esto tanto a través de la necesidad de controlar salidas indeseadas, mayormente en la forma de externalidades (como sería el manejo de residuos agrícolas para evitar contaminación de aguas y en términos generales el manejo de sumideros y fuentes de gases invernadero), así como a través de la necesidad de optimizar las principales entradas, las que, vistas como variables externas (por ej., agua para riego y energía) han pasado de ser simples consideraciones de costos a grandes considerandos ambientales. Esto nos obliga a considerar fehacientemente no solo el biosistema productivo específico y los productos deseados sino que, cada vez más, lo que influencia al biosistema y lo que este influencia, incluyendo la gama de servicios ambientales que cada día se reconocen más en su importancia. De hecho, una de las ramas emergentes que se espera crecerá rápidamente es la ingeniería de la biocomplejidad, que se fundamenta en, precisamente, la complejidad de los seres vivos y de sus relaciones entre ellos y el entorno y en el enfoque ingenieril que busca no en sí entender sino manejar e implementar soluciones ingenieriles.

En este contexto, la Maestría Académica en Ingeniería de Biosistemas extiende la aplicación de la ingeniería para todas las aplicaciones que incluyen los organismos vivos, principalmente en cuanto a producción y la relación con el entorno, incluida la agricultura, la acuicultura, la forestería, la ganadería, el manejo de cuencas entre otros. Interviene en las áreas en expansión de nuevos materiales biológicos, biocombustibles, biomecatrónica, en la evaluación



de la trazabilidad alimentaria, calidad y seguridad, la bioremediación y en el diseño de sistemas sostenibles y respetuosos con el medio ambiente incluyendo lo urbano.

Respondiendo a las necesidades actuales del país y de la región, se pretende con la apertura de la Maestría Académica en Ingeniería de Biosistemas fortalecer la investigación y conceptualización que conlleva a soluciones ingenieriles en una amplia gama de campos de trabajo, incluyendo la agricultura y sus productos, así como temas afines como la acuicultura y la forestería, pero también permitiendo a los graduados ejercer en temas de manejo de recursos naturales y la biodiversidad, siempre en la proposición e implementación de enfoques y soluciones ingenieriles.

El estudiante admitido en el programa, que, al menos inicialmente, será un ingeniero agrícola y/o de biosistemas, debe presentar capacidades creativas, constructivas y críticas, con conocimientos sólidos en ingeniería y en las ciencias naturales para aplicarlas a los procesos de producción, desarrollo agroindustrial y manejo de biosistemas en forma sostenible. Así, la demanda para esta maestría se fundamenta en décadas de generaciones de ingenieros agrícolas graduados tanto por la Universidad de Costa Rica como por el Instituto Tecnológico de Costa Rica, y de otras ingenierías más recientes que calzan con el perfil. Así, y no existiendo en el país posgrado en biosistemas, ni de sus ramas (ingeniería agrícola, ingeniería acuícola, ingenierías marino-costera y de desarrollo sostenible), se cuenta ya con cientos de ingenieros agrícolas que podrían beneficiarse de este programa, además de decenas de graduados de varios programas en curso o por abrirse que podrán optar por entrar a esta maestría, ya sea al concluir su bachillerato o tras concluir la licenciatura.

Se espera que la vinculación entre este programa de posgrado y las actividades de docencia, investigación y extensión que realiza la Escuela de Ingeniería Agrícola sea íntima y parte ambos de un mismo continuo del quehacer del profesorado, administrativos y estudiantes de la Escuela y del Programa. El crecimiento académico que involucra la apertura de esta Maestría va acompañado de una mayor oferta educacional, de un esperado crecimiento en proyectos y actividades de investigación debido a la necesidad de trabajar en las tesis, y, como producto de este quehacer intensificado así como de la generación de mayor conocimiento, nuestras actividades de extensión se verán enriquecidas.”<sup>3</sup>

#### 4. Desarrollo académico en el campo de la Maestría propuesta

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

“La carrera de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Costa Rica se creó como carrera interdisciplinaria en el año 1973. Formalmente inició en 1976 con la aprobación de un plan de estudios de Bachillerato en Ingeniería Agrícola. En el año de 1984 se aprobó el plan de Licenciatura en Ingeniería Agrícola y en 1985 se creó la Escuela de Ingeniería Agrícola, que forma parte de la Facultad de Ingeniería, con sede en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio,

San José. Desde 1979 y hasta principios de este año 2015, hemos graduado 225 ingenieros agrícolas.

Como parte de un proceso de diversificación del campo de aplicaciones de nuestro quehacer, desde mediados de 2013 el plan de estudios se modificó a un Bachillerato y Licenciatura en Ingeniería Agrícola y de Biosistemas. Se espera que pronto ampliemos nuestra oferta a una carrera en ingeniería de biosistemas. Tanto en 2014 como en este año 2015, la admisión a este programa de ingeniería agrícola y biosistemas fue bastante competitiva y admitimos 126 estudiantes cada año.

Asimismo, este año 2015 esperamos la aprobación final de nuestra Maestría Académica en Ingeniería de Biosistemas, iniciando con la primera promoción a principios de 2016.

También, hace cuatro años se comenzó el proceso de cambio de nombre de nuestra Escuela a Escuela de Ingeniería de Biosistemas. Este cambio ya cuenta con voto favorable del Consejo Universitario y procede ahora someterlo a aprobación por parte de la Asamblea Colegiada Representativa para formalizarse.

Nuestra Escuela tiene un historial bastante considerable en proyectos de investigación, mucho de ello con financiamiento externo y/o colaboración con otras instancias de la UCR, otras instituciones y el sector privado.

Para ello, se ha recibido fondos que sobrepasan el millón de dólares de parte de instituciones internacionales como el USAID, el Departamento de Estado de EEUU a través de Michigan State University, el Banco Mundial, la Fundación Bill y Melinda Gates y la Fundación Grand Challenges Canadá.

Además, se ha contado con financiamiento de parte de instituciones nacionales como el MICIT/CONICIT, CNP, SENARA y otros. En estos momentos estamos estructurando un proyecto con la Comisión Nacional de Emergencias en conjunto con el Instituto Tecnológico Nacional y trabajamos con el sector privado incluyendo CoopeDota y CoopeTarrazú en un proyecto conjunto con la Estación Agrícola Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica. También, trabajamos en estrecha relación con el Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII) de nuestra Facultad, particularmente con grupos en ingeniería marítima, forestería y bioenergía. Además existe una coordinación con la Red de Investigación y Desarrollo en Eficiencia Energética y Energía Renovable (RIDER) de la Facultad de Ingeniería, la cual ha facilitado la compra de una planta productora de biodiesel que esperamos llegue al país y esté funcionando en un par de meses.

Las principales líneas de investigación que se promueven en la Escuela de Ingeniería Agrícola han sido, tradicionalmente, recurso hídrico y calidad de aguas, manejo poscosecha de productos agrícolas, bioenergía, manejo de residuos agrícolas, maquinaria agrícola, producción en ambientes acuáticos, cambio climático y tecnología para ambientes controlados

(como invernaderos y lecherías). Son docenas de proyectos que han sido inscritos en la Vicerrectoría de Investigación y ejecutados de acuerdo a los objetivos.

La Escuela tiene actualmente un proyecto de Trabajo Comunal Universitario, titulado *Soluciones ingenieriles en producción y ambiente para comunidades rurales en el contexto del cambio climático*. Mediante la participación de los/as estudiantes, tanto de nuestra carrera como de otras disciplinas (antropología, trabajo social, derecho, ingeniería química, geología, etc.), y un fuerte enlace con extensión agrícola del Ministerio de Agricultura, se implementa un enfoque multidisciplinario y participativo a la identificación de necesidades de las comunidades rurales (por ahora en la zona alta y mediana de Cartago), lo cual es seguido por la intervención de estudiantes de ingeniería agrícola y disciplinas afines quienes idean, proponen e implementan soluciones ingenieriles para solventar dichas necesidades en conjunto con los pobladores. En estos momentos se trabaja en proyecto como riego, secado de cebolla y ambientes protegidos.

También, se está trabajando en extensión docente, con dos proyectos de diseminación de conocimiento y capacitación. Esto además del trabajo que se está realizando en la página de extensión de nuestro sitio web ([www.ingagri.ucr.ac.cr](http://www.ingagri.ucr.ac.cr)), utilizando un enfoque innovador que llamamos *extensión por enlaces*. Uno de los proyectos de extensión docente cuenta con financiamiento del CSUCA/Cooperación Suiza al Desarrollo y se titula *Promoviendo la adaptación al cambio climático en y desde la Universidad de Costa Rica*.

Desde sus inicios nuestra Escuela ha logrado atraer a personal docente y de investigación altamente calificado, y la gran mayoría de nuestros profesores cuentan con su preparación a nivel de maestría o doctorado. Procurando la mejor formación, en estos momentos ocho profesores están en proceso de obtener su doctorado en el exterior, y dos profesoras más saldrán del país este año a doctorarse. También, recientemente dos investigadores del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica se han formalmente anexado a nuestra Escuela como unidad base. Esto se formalizará cuando cuenten con sus respectivos doctorados del exterior. De esta forma, esperamos que nuestra Escuela cuente en un lapso de cuatro a cinco años con alrededor de 20 profesores y profesoras con doctorado académico. Además de reforzar nuestra maestría, representa un excelente apoyo al doctorado en ingeniería del cual somos parte.

De esta forma, la Escuela de Ingeniería Agrícola, posiblemente pronto Escuela de Ingeniería de Biosistemas, realiza fehacientemente las tres labores sustanciales de la Universidad de Costa Rica, sean docencia, investigación y acción social, comprometida con la formación de profesionales e investigadores de excelencia y, siempre desde un enfoque ingenieril, con la solución de problemas y la forja de oportunidades para el sector productivo y de manejo de recursos naturales del país.”<sup>4</sup>

Las siguientes son las líneas estratégicas de investigación que tendrá la maestría:

- Análisis, modelado y herramientas para toma de decisiones complejas en biosistemas.

- Riego, drenaje y manejo del recurso hídrico en agricultura y recursos naturales.
- Ingeniería de sistemas productivos (agricultura, acuicultura, forestería, ganadería)
- Energía alternativa para el sector rural y bioenergía.
- Ingeniería de sistemas acuáticos y marino-costeros.
- Ingeniería ambiental en recursos naturales.
- Adaptación y mitigación al cambio climático.

La siguiente inguiente fue enviada por la Escuela de Ingeniería Agrícola y se refiere a la relación con centros e institutos de investigación:

“Trabajamos en estrecha relación con el Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII), el cual es una unidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, dedicada a la investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria en el campo de las Ingenierías (particularmente grupos trabajando en ingeniería marítima, forestería y bioenergía). Además existe una coordinación con la Red de Investigación y Desarrollo en Eficiencia Energética y Energía Renovable (RIDER) de la Facultad de Ingeniería. Esta red buscar fomentar e integrar iniciativas transdisciplinarias de docencia, investigación y acción social que contribuyan a promover la eficiencia energética, la transferencia tecnológica en el área de energías renovables y promocionar el uso racional de la energía en Costa Rica.

Como parte de RIDER, nos encontramos en la compra de una planta procesadora de biodiesel con capacidad de producción de 300 litros por día, además de una prensa para semillas oleaginosas, todo por un costo de US\$106,000. Esto significará una ampliación de nuestros proyectos en bioenergía, incluyendo el actual con la Universidad Estatal de Michigan que enfatiza la biodigestión.”

La dirección de la Escuela de Ingeniería Agrícola se ha comprometido a garantizar la relación entre los profesores- investigadores y los estudiantes de tesis.

## 5. Propósitos del posgrado

### Objetivo general:

Formar investigadores con un alto nivel académico en el campo de la Ingeniería de Biosistemas y ramas afines, competentes para evaluar y resolver problemas propios de su disciplina así como desarrollar investigación y tecnología de alto nivel para beneficio del país.

### Objetivos específicos:

- Crear capacidades en los y las profesionales para implementar soluciones ingenieriles al diseñar y evaluar equipos y nuevas tecnologías vinculadas al sector bioproductivo y de recursos naturales.
- Crear capacidades en los y las profesionales para generar conocimientos que permitan desarrollar, identificar, diseñar, adaptar, aplicar y evaluar soluciones ingenieriles para la resolución de problemas y el aprovechamiento de oportunidades en el sector bioproductivo y de manejo de recursos naturales.
- Promover la investigación de alto nivel en la Escuela de Ingeniería Agrícola.

### 6. Perfil académico-profesional

Al finalizar sus estudios, los graduados de la Maestría en Ingeniería de Biosistemas tendrán el siguiente perfil de egreso:

#### Conocimientos:

Conocimientos sólidos y de vanguardia en ingeniería y ciencias básicas relacionadas con la ingeniería de biosistemas (análisis y modelado y herramientas para toma de decisiones complejas, incluyendo estadística y diseño experimental e ingeniería económica), con opciones y cursos electivos en: riego, drenaje y manejo del recurso hídrico en agricultura y recursos naturales, ingeniería de sistemas productivos, energía alternativa para el sector rural, bioenergía, ingeniería de sistemas acuáticos, marino- costeros e ingeniería ambiental en recursos naturales.

#### Habilidades:

- Capacidad resolutive
- Capacidad de aplicar y desarrollar conocimientos de ingeniería, tecnología y ciencias básicas en conjunto a problemas biocomplejos
- Ingenio y creatividad para el desempeño de la ingeniería en biosistemas
- Capacidad de análisis cuantitativo y de abstracción
- Capacidad de interactuar con otros profesionales para el trabajo inter y transdisciplinario

- Capacidad especial para atender la problemática de la región y la del país que implique ingeniería de biosistemas
- Capacidad para ejercer su profesión fuera del país y demostrado dominio a nivel de lectura ingenieril del inglés.

Actitudes y valores:

- Comprometido con la actualización permanente.
- Visión integral comprometida con el desarrollo.

7. Requisitos de ingreso

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

- Poseer el grado mínimo de bachiller en Ingeniería Agrícola o carrera afín. Sin menoscabo de otros postulantes, el programa de maestría estará abierto por igual y con admisión sin nivelación tanto para graduados de ingeniería agrícola de la Universidad de Costa Rica como del Instituto Tecnológico de Costa Rica, y para futuros graduados del programa actual de ingeniería agrícola y de biosistemas de la Universidad de Costa Rica.
- Poseer récord académico aceptable de mínimo 8.0 en las materias de los dos últimos años de estudio.
- Demostrar lectura del inglés ingenieril por medio de exámenes realizados por la Escuela de Lenguas Modernas o del TOEFL.
- Dedicar al menos medio tiempo a los estudios del programa del posgrado para cumplir con la exigencia de los cursos y la investigación.
- Realizar una entrevista ejecutada por el programa, con el objetivo de seleccionar de forma adecuada a los estudiantes que ingresarán al mismo.
- Mostrar la aceptación por escrito de un profesor del programa que accede a fungir como director de la tesis.

Además, los estudiantes deberán cumplir con los requisitos de índole administrativa que indique la UCR. 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.

8. 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 tesis. Además, los estudiantes deberán cumplir con los requisitos administrativos señalados por la UCR.

9. Listado de las actividades académicas del posgrado

El plan de estudios de la Maestría se presenta en el Anexo A. La Maestría consta de 60 créditos. Las actividades del plan de estudios de esta modalidad se pueden categorizar de la siguiente manera:

- Cinco cursos obligatorios de cuatro créditos (veinte créditos en total).
- Dos cursos optativos de tres créditos (seis créditos en total).
- Un curso optativo de cuatro créditos (cuatro créditos en total).
- La investigación de la tesis, la cual incluye dos cursos de Seminario de tesis de un crédito, dos cursos de investigación de catorce y ocho créditos, respectivamente, y la defensa de tesis, con seis créditos (treinta créditos en total).

Todas las normativas vigentes para los cursos y para el grado y modalidad académica de Maestría se cumplen.

10. Descripción de las actividades académicas del posgrado

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

11. Correspondencia del equipo docente con las actividades académicas.

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

- El personal académico debe poseer al menos el nivel académico de Maestría debidamente reconocido y equiparado.
- En las maestrías académicas, preferiblemente, al menos la mitad de los docentes del equipo básico, deberá poseer el grado de doctorado académico o ser investigadores activos.
- Los profesores deben tener una dedicación mínima de un cuarto de tiempo al posgrado.

Los profesores de los cursos de la Maestría en Ingeniería de Biosistemas 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.

12. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados

La Escuela de Ingeniería Agrícola fue autorizada a impartir posgrados por el CONARE en la sesión 22-2014, artículo 5, inciso a) del 2 de setiembre de 2014, cuando se autorizó la apertura del Doctorado en Ingeniería.

13. 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 documento *Lineamientos para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes*<sup>1</sup>.



#### 14. 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 Ingeniería de Biosistemas*.
- Que la Universidad de Costa Rica realice evaluaciones internas durante el desarrollo del posgrado.

---

1) Aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión N°27-2013, artículo 3, inciso g) y h), celebrada el 22 de octubre de 2013.  
3 y 4) Propuesta de apertura de la Maestría en Ingeniería de Biosistemas, Universidad de Costa Rica, 2014.

**ANEXO A**

**PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS  
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

## ANEXO A

### PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

---

<b>CICLO Y CURSO</b>	<b>CRÉDITOS</b>
<u>Primer ciclo</u>	<u>16</u>
Investigación y estadística en ingeniería en biosistemas	4
Métodos numéricos aplicados	4
Análisis de biosistemas	4
Curso optativo	3
Seminario de tesis I	1
<u>Segundo ciclo</u>	<u>16</u>
Ingeniería de la biocomplejidad	4
Ingeniería económica	4
Curso optativo	4
Curso optativo	3
Seminario de tesis II	1
<u>Tercer ciclo</u>	<u>14</u>
Investigación I	14
<u>Cuarto ciclo</u>	<u>14</u>
Investigación II	8
Defensa de tesis	6
<b><i>Total de créditos de la Maestría</i></b>	<b><i>60</i></b>

---

Lista de cursos optativos:

*De tres créditos:*

Automatización y control  
Sistemas de mecanización  
Energía en la agricultura  
Bioenergía  
Ingeniería de bioprocesos  
Procesos de transformación y empaque  
Sistemas de producción intensiva  
Manejo integrado de cuencas  
Gestión de calidad del ambiente en biosistemas  
Diseño de sistemas de riego

*De cuatro créditos:*

Temas avanzados en ingeniería de biosistemas I  
Temas avanzados en ingeniería de biosistemas II

**ANEXO B**

**PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS  
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

## ANEXO B

### **PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

#### ***Cursos obligatorios***

Nombre del curso: Investigación y estadística en ingeniería de biosistemas

Créditos: 4

Objetivos:

- Brindar al estudiante las capacidades para el manejo de información cuantitativa con paquetes estadísticos de avanzada, y de realizar y analizar experimentos y toma de datos y a generar resultados pertinentes para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre.
- Planificar estudios e investigaciones que involucren la captura y el análisis de datos y la obtención de conclusiones con soporte estadístico
- Aplicar técnicas estadísticas avanzadas que permitan dar respuesta a investigaciones de un amplio espectro de áreas de trabajo

Temática resumida:

- La investigación científica en la ingeniería
- Propósitos y alcances de la investigación de campo
- Toma y registro de datos y otra información
- Análisis estadístico avanzado
- Reporte de resultados e interpretación estadística

Nombre del curso: Métodos numéricos aplicados

Créditos: 4

Objetivos:

- Profundizar a un nivel intermedio en la resolución de problemas prácticos de la ingeniería de biosistemas, mediante el uso de herramientas numéricas y de programación (incluyendo MATLAB).
- Ser capaz de seleccionar las técnicas más apropiadas para cada problema.
- Conocer programas de matemática simbólica, de elementos finitos y de volúmenes finitos
- Ser capaz de manejar programas de simulación en distintos tipos de aplicaciones

Temática resumida:

- Aplicaciones de métodos numéricos
- Solución de ecuaciones lineales y no lineales

- Interpolación
- Regresión
- Derivación e integración numérica
- Ecuaciones diferenciales
- Otros métodos

Nombre del curso: Análisis de biosistemas

Créditos: 4

Objetivos:

- Avanzar en entender y dominar la conceptualización y análisis de los biosistemas desde perspectivas tanto genéricas hasta aplicadas y de manejo e intervención ingenieril.
- Introducir al estudiante a las metodologías de análisis cuantitativo de sistemas biocomplejos, desde elementos organismales hasta ecosistémicos.
- Aplicar los conceptos matemáticos para predecir el comportamiento de fenómenos biológicos, bioquímicos y biofísicos.

Temática resumida:

- Descripción y modelado de biosistemas
- Modelado de sistemas de procesos
- Respuestas dinámicas de sistemas de producción
- Comportamiento de sistemas naturales
- Funciones de transferencia de sistemas
- Sistemas de toma de decisiones
- Análisis integrado de sistemas

Nombre del curso: Ingeniería económica

Créditos: 4

Objetivos:

- Dotar al estudiante, mediante la experiencia de ingeniería económica, de las principales herramientas de análisis y evaluación financiera, empresarial y económica
- Brindar al estudiante la capacidad de toma de decisiones basada en las comparaciones financieras y económicas de las distintas alternativas tecnológicas de inversión y manejo de biosistemas en su relación con el ambiente

Temática resumida:

- El contexto empresarial, financiero y económico
- Análisis económico, incluyendo aspectos ambientales y de biodiversidad
- Herramientas para toma de decisiones financieras

- Matemática financiera
- Evaluación de proyectos
- Análisis y planificación financiera
- Evaluación económica e integral
- Gerencia y emprendedurismo
- Ética empresarial

Nombre del curso: Ingeniería de la biocomplejidad

Créditos: 4

Objetivos:

- Avanzar en el manejo interventivo, transformativo o restaurativo, de los biosistemas complejos desde una perspectiva ingenieril orientada a la producción y la conservación en el contexto de los recursos naturales.
- Diseñar las soluciones ingenieriles aplicadas a sistemas biocomplejos.

Temática resumida:

- Sistemas biocomplejos
- Herramientas de análisis y de manejo
- Análisis integrativo de elementos productivos, financieros, ambientales y de biodiversidad
- Análisis de caso con reporte final que incluye publicación científica/ingenieril en grupo

### ***Cursos de investigación***

Nombre del curso: Seminario de tesis I y II

Créditos: 1 cada uno

Objetivos:

- Conocer los elementos constitutivos, atributos, métodos e instrumentos de un proyecto de investigación en el campo de la Ingeniería de Biosistemas.
- Elaborar la propuesta de tesis.

Temática resumida:

Se trabajarán temáticas relacionadas con la investigación, ciencia y tecnología, con el objetivo de que el estudiante pueda desarrollar un proceso de investigación, selección y definición del tema a investigar, desarrollando diversos documentos escritos al respecto, que serán la base de la evaluación del curso. Posteriormente se busca guiar a los estudiantes en la formulación del problema de investigación y construcción del objeto de estudio, junto a la recopilación, gestión y sistematización de información finalizando con la presentación de la propuesta de tesis.



Nombre del curso: Investigación I

Créditos: 14

Objetivos:

El estudiante comienza y avanza en su investigación y prepara los capítulos de introducción y de metodología de su tesis.

Nombre del curso: Investigación II

Créditos: 8

Objetivos:

El estudiante concluye su investigación, realiza análisis de datos y termina de escribir su tesis y un artículo para publicación.

Nombre del curso: Defensa de tesis

Créditos: 6

Objetivos:

El estudiante prepara y realiza defensa oral de su tesis y recibe la evaluación final sobre ella.

### ***Cursos optativos***

Nombre del curso: Automatización y control

Créditos: 3

Objetivos:

- Introducir al estudiante al campo de la electrónica para el desarrollo de sistemas de control aplicados a la agroindustria
- Estudiar los principales sensores de uso común en aplicaciones de ingeniería agrícola
- Establecer variables de entrada y crear el algoritmo para la toma de decisión, según las necesidades del sistema

Temática resumida:

- Sensores y transductores
- Sistemas de medición y sistemas de control
- Válvulas para el control de procesos

- Métodos de resolución de circuitos
- Teoremas fundamentales sobre redes
- Electrónica digital y analógica
- Amplificador operacional
- Microprocesadores
- Sistemas de actuación
- Control de elementos mecánicos

Nombre del curso:                Sistemas de mecanización

Créditos:                         3

Objetivos:

- Estudiar el sistema suelo-tractor-operación, sus fundamentos y aplicaciones en labores de campo, así como los parámetros para la selección y administración de maquinaria agrícola.
- Analizar las condiciones del suelo y su efecto en la labranza
- Analizar el comportamiento del tractor con relación a estabilidad y tracción
- Conocer los parámetros más importantes para la selección de equipos agrícolas
- Conocer los fundamentos de operación en el movimiento de tierras.
- Calcular en forma teórica el rendimiento de la máquina y el operador
- Calcular los costos de utilización de la maquinaria agrícola en forma teórica.

Temática resumida:

- Introducción a conceptos para la administración de maquinaria
- Resistencia y propiedades del suelo
- Mecánica del tractor
- Teoría de tracción
- Movimiento de tierras
- Selección de equipo
- Cálculo de rendimiento
- Costos de uso de maquinaria

Nombre del curso:                Energía en la agricultura

Créditos:                         3

Objetivos:

- Estudiar las principales fuentes de potencia utilizadas más frecuentemente en la agricultura y agroindustria y en forma particular los mecanismos de conversión de energía.
- Identificar diferentes fuentes de potencia para uso agrícola
- Conocer los principios de funcionamiento de los dispositivos de conversión de energía
- Conocer los fundamentos técnicos más importantes para la selección y operación de los motores

Temática resumida:

- Diferentes formas de energía
- Optimización de la energía
- Auditorías energéticas
- Potencia
- Motores de combustión interna
- Partes del motor de combustión interna
- Sistema del motor de combustión interna
- Motores de gasolina y diesel
- Sistemas mecánicos de transmisión de potencia

Nombre del curso: Bioenergía

Créditos: 3

Objetivos:

- Brindar al estudiante los conocimientos y herramientas analíticas que le permitan entender y analizar la problemática energética y el rol que juega dentro de ella la bioenergía.
- Desarrollar la capacidad de proponer y diseñar alternativas de uso de fuentes bioenergéticas en el sector agroindustrial
- Analizar experiencias de modelos implementados desde la perspectiva política, económica y legal.

Temática resumida:

- Biomasa, energía y medio ambiente
- Fuentes energéticas renovables
- Bioenergética: capacitación y transformación de la energía en los agroecosistemas
- Producción de biomasa en sistemas agrícolas
- Conversión termoquímica de la biomasa: combustión y gasificación
- Conversión bioquímica de la biomasa: producción de biocombustibles
- Tecnología para el uso de fuentes biomásicas
- Diseño de generadores e intercambiadores de calor
- Perspectivas energéticas de la agroindustria
- Análisis técnico económico de producción de bioenergía
- Análisis de modelos para uso de la bioenergía: políticas y marco legal

Nombre del curso: Ingeniería de bioprocesos

Créditos: 3

Objetivos:

Brindar al estudiante herramientas que le permitan analizar y diseñar bioprocesos a nivel industrial.

Temática resumida:

- Aplicaciones de balance y transferencia de masa en bioprocesos
- Balance de energía en bioprocesos
- Procesos de fermentación
- Flujo de fluidos y mezclas
- Operaciones unitarias: centrifugación, filtración, absorción, desagregación celular, extracción.
- Reacciones y reactores
- Diseño de reactores
- Diseño y control de bioprocesos
- Diseño de líneas de procesamiento.

Nombre del curso: Procesos de transformación y empaque

Créditos: 3

Objetivos:

- Capacitar al estudiante en la selección de las alternativas de procesamiento para su aplicación en la industria agroalimentaria
- Capacitar al estudiante en la escogencia de empaques para optimizar la protección del producto terminado durante su almacenamiento y distribución.
- Conocer alternativas de procesamiento para agregar valor a la producción.

Temática resumida:

- Principios para la conservación de alimentos
- Procesos de transformación de productos agrícolas
- Materia prima para el procesamiento de alimentos
- Preparación de frutas y vegetales mínimamente procesados
- Deshidratación de frutas y hortalizas
- Procesamiento de jugos y pastas de frutas y hortalizas
- Tratamientos térmicos en la industria de alimentos
- Congelación de frutas y hortalizas frescas
- Empaques para alimentos procesados
- Diseño de líneas de procesamiento

Nombre del curso: Sistemas de producción intensiva

Créditos: 3

Objetivos:

- Brindar a los estudiantes el entendimiento de lo que comprende los sistemas de producción intensiva animal y vegetal, y los criterios de diseño ingenieril en cada sistema.

- Brindar a los estudiantes resultados de nuevas investigaciones.
- Brindar a los estudiantes nuevos enfoques de modelación.

Temática resumida:

- Sistemas de producción intensiva animal y vegetal
- Requisitos ambientales en animales
- Producción de calor y humedad en animales
- Equipos y control
- Ingeniería en acuicultura
- Invernaderos

Nombre del curso: Manejo integrado de cuencas

Créditos: 3

Objetivos:

- Brindar a los estudiantes el entendimiento de lo que comprende el manejo de cuencas hidrográficas
- Establecer la gestión integrada del recurso hídrico como eje base para garantizar la calidad y cantidad del agua
- Desarrollar metodologías de evaluación y planificación conservacionista tanto a nivel de cuenca como de finca como unidad base de acción
- Introducir conceptos de fuentes de contaminantes difusa (NPS)
- Brindar a los estudiantes resultados de nuevas investigaciones.
- Brindar a los estudiantes nuevos enfoques de modelación.

Temática resumida:

- Principios para el manejo de cuencas hidrográficas
- Gestión integrada del recurso hídrico
- Desarrollo sostenible de la agricultura
- Planificación del uso del suelo y la implementación de la planificación conservacionista
- Física, química y la gestión biológica de los suelos agrícolas
- Metodologías de evaluación de tierras para fines agrícolas
- Planes de control de erosión del suelo
- Herramientas de modelación de suelos y aguas en cuencas.

Nombre del curso: Gestión de calidad del ambiente en biosistemas

Créditos: 3

Objetivos:

- Contribuir a la formación de los estudiantes, en el conocimiento general y aplicación de los sistemas de gestión de la calidad en el ámbito de las actividades productivas, de procesamiento y gestión, desarrolladas en el sector agroalimentario.
- Determinar el contenido mínimo de un sistema de gestión con base en la norma INTE- ISO 9001:2008 e INTE-ISO 14001:2004
- Evaluar la importancia de los sistemas de gestión de calidad en el quehacer del sector agropecuario nacional y su aplicación a la seguridad alimentaria.
- Brindar a los estudiantes los conceptos básicos del control de calidad
- Enseñar métodos de determinación de riesgos de inocuidad tales como el HACCP.
- Conocer el protocolo GLOBALGAP y su aplicación en el desarrollo de las buenas prácticas agrícolas
- Conocer el modelo de gestión y su aplicación, denominado Ley de Bioterrorismo y Ley de Amenaza Alimentaria: FSMA.

Temática resumida:

- Sistemas de gestión y control de calidad
- Globalización y exigencia de mercados
- Normalización y certificación de biosistemas.
- Protocolo Global GAP, ley de bioterrorismo, ley de amenaza alimentaria y ARPCC Sistema de documentación
- Implementación de los sistemas de gestión
- Sistemas de gestión ambiental
- Producción más limpia
- Alternativas de aseguramiento de la calidad
- Auditorías de calidad

Nombre del curso: Diseño de sistemas de riego

Créditos: 3

Objetivos:

- Diseñar sistemas de riego, a presión o por gravedad, a partir de la incorporación hacia el estudiante de conceptos como por qué regar, cómo regar, qué método de riego utilizar según el tipo de cultivo y tipo de suelo, que factores de importancia se deben considerar para ser eficientes en el uso del agua de riego
- Inculcar en el estudiante el diseño de sistemas sostenibles, que beneficie económica, social y ambientalmente a la población involucrada.

Temática resumida:

- Métodos de riego a presión
- Riego por aspersión
- Riego por goteo
- Riego por microaspersión
- Métodos de riego por gravedad
- Riego por surcos
- Riego por inundación

Nombre del curso: Temas avanzados en ingeniería de biosistemas I y II

Créditos: 4 cada uno.

Objetivos:

Avanzar en la amplitud y profundización de uno o más temas de interés del estudiante que no sean exactamente el tema de su tesis. El curso se realizará por tutoría con un profesor que no será el director de la tesis.

Temática resumida:

Depende del tema.

**ANEXO C**

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS  
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**



## ANEXO C

### **PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

#### CURSO

#### PROFESOR

Investigación y estadística en ingeniería en biosistemas	Carlos Rojas Alvarado
Métodos numéricos aplicados	Henry Alfaro Chavarría
Análisis de biosistemas	Alejandra Rojas González
Seminario de tesis I	Carlos Rojas Alvarado
Ingeniería de la biocomplejidad	Georges Govaere Vicarioli
	Ricardo Radulovich Ramírez
Ingeniería económica	Kattia Solís Ramírez
Seminario de tesis II	Kattia Solís Ramírez
Investigación I	Pedro Casanova Treto
	Georges Govaere Vicarioli
	Marta Montero Calderón
	Ricardo Radulovich Ramírez
	Alejandra Rojas González
	Kattia Solís Ramírez
Investigación II	Pedro Casanova Treto
	Georges Govaere Vicarioli
	Marta Montero Calderón
	Ricardo Radulovich Ramírez
	Alejandra Rojas González
	Kattia Solís Ramírez
Defensa de tesis	Profesor director de tesis
Automatización y control	Edwin Solórzano Campos
Sistemas de mecanización	Edwin Solórzano Campos
Energía en la agricultura	Kattia Solís Ramírez
	Pedro Casanova Treto
Bioenergía	Kattia Solís Ramírez
	Pedro Casanova Treto
Ingeniería de bioprocesos	Marta Montero Calderón
Procesos de transformación y empaque	Marta Montero Calderón
Sistemas de producción intensiva	Ricardo Radulovich Ramírez

## **CURSO**

Manejo integrado de cuencas  
Gestión de calidad del ambiente en biosistemas  
Diseño de sistemas de riego  
Temas avanzados en ingeniería de biosistemas I

Temas avanzados en ingeniería de biosistemas II

## **PROFESOR**

Alejandra Rojas González  
Carlos Rojas Alvarado  
Alejandra Rojas González  
Georges Govaere Vicarioli  
Ricardo Radulovich Ramírez  
Carlos Rojas Alvarado  
Carlos Benavides León  
Georges Govaere Vicarioli  
Ricardo Radulovich Ramírez  
Carlos Rojas Alvarado  
Carlos Benavides León

**ANEXO D**

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS  
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA Y SUS GRADOS ACADÉMICOS**

## ANEXO D

### **PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA Y SUS GRADOS ACADÉMICOS**

#### **HENRY ALFARO CHAVARRÍA**

Maestría en Ingeniería de Costas y Puertos, Universidad de Cantabria, España.

#### **CARLOS MANUEL BENAVIDES LEÓN**

Maestría en Ingeniería Agrícola, Universidad de Kansas, Estados Unidos de América. Maestría en Ingeniería Agrícola, Universidad de Cranfield, Inglaterra.

#### **PEDRO CASANOVA TRETO**

Doctorado en Ingeniería Agrícola, Universidad Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

#### **GEORGES GOVAERE VICARIOLI**

Doctorado en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría en Ingeniería Hidráulica, Universidad Nacional Autónoma de México.

#### **MARTA MONTERO CALDERÓN**

Doctorado en Tecnología de Alimentos, Universidad de Lleida, España.

#### **RICARDO RADULOVICH RAMÍREZ**

Doctorado en Ingeniería, universidad de California en Davis, Estados Unidos de América.

#### **CARLOS ROJAS ALVARADO**

Doctorado en Biología, Univerisdad de Arkansas, Estados Unidos de América.

**ALEJANDRA ROJAS GONZÁLEZ**

Doctorado en Ingeniería Civil, Universidad de Puerto Rico, Estados Unidos de América.

**KATTIA SOLÍS RAMÍREZ**

Doctorado en Ingeniería Agrícola, Universidad Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

**EDWIN SOLÓRZANO CAMPOS**

Maestría en Ingeniería Agrícola, Universidad Texas Tech, Estados Unidos de América.



CONSEJO NACIONAL  
DE RECTORES

