

**D.J. (271)**

SANTIAGO, 22 MARZO 2024

## **RESOLUCION Nº 0825 EXENTA**

**VISTOS:** lo dispuesto en la Ley N°19.239; en el D.S. N°86 de 2021 y en el Decreto con Fuerza de Ley N°2 del año 1994, ambos del Ministerio de Educación; en la Ley N°21.091 de 2018; en la Ley N°21.094 de 2018; en la Resolución Exenta N°0386 de 2023; en la Resolución Exenta N°02033 de 2020; en la Resolución Exenta N°0750 de 2017; en el Certificado de fecha 30 de enero de 2024 emitido por el Consejo de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana; en la Resolución Exenta N°5339 de fecha 24 de agosto de 2012; el certificado emitido por el Honorable Consejo Superior con fecha 02 de febrero de 2024; y en lo solicitado por el Secretario General en correo electrónico de fecha 02 de febrero de 2024.

### **CONSIDERANDO:**

1. Que, la Ley 19.239 de 1993 establece que el objeto fundamental de la Universidad Tecnológica Metropolitana será ocuparse, en un nivel avanzado, de la creación, cultivo y transmisión de conocimiento por medio de la investigación básica y aplicada, la docencia y la extensión en tecnología, y de la formación académica, científica, profesional y técnica orientada preferentemente al quehacer tecnológico.

2. Qué, tanto la Ley sobre Educación Superior, Ley N°21.091 de 2018 artículo 2 letra a), como la Ley sobre Universidades Estatales, Ley N°21.094 de 2018 artículo 2, reconocen y garantizan la autonomía de las instituciones de educación superior, entendida ésta como la potestad para determinar y conducir sus fines y proyectos institucionales en la dimensión académica, económica y administrativa, dentro del marco establecido por la Constitución y la ley. En este mismo sentido se pronuncian el artículo 2 del Decreto con Fuerza de Ley N°2 del Ministerio de Educación del año 1994, esta Casa de Estudios goza de autonomía académica, económica y administrativa.

3. Que, el Decreto con Fuerza de Ley N°2, en su artículo 3° N°7, habilita a esta Institución para poder dictar reglamentos, decretos y resoluciones, siempre que no sean contrarios a la Constitución, a las leyes ni al Estatuto.

4. De igual modo, el artículo 3° N°1 del mismo cuerpo legal, faculta especialmente a la Universidad Tecnológica Metropolitana para otorgar grados académicos, títulos profesionales y técnicos, así como diplomas y certificados que acrediten conocimiento y expedir los instrumentos en que ello conste.



5. Lo que establece la Resolución Exenta N°0386/2023, que aprueba el Modelo Educativo de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

6. La Resolución Exenta N°02033 de 2020, que aprueba el programa de Magister en Biomatemática.

7. Los certificados emitidos tanto por el Consejo de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana de fecha 30 de enero de 2024, como por el Honorable Consejo Superior, en conformidad a lo dispuesto por la Resolución Exenta N°0750 de 2017 que aprueba Reglamento General de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

8. Que, la Resolución Exenta N°05339/2012 que aprueba el Manual de Operacionalización para el Diseño, Aprobación, Dictación, Administración y Modificación de Planes de Estudios, establece en su punto 2.11 la modificación de un Plan de Estudio Regular de Pregrado, Grado y Postgrado.

9. Que, conforme a lo anterior, con fecha 02 de febrero de 2024, el Honorable Consejo Superior aprueba las Modificaciones al Plan de Estudios y Reglamento Interno del Magíster en Biomatemática.

10. La solicitud del Secretario General, para proceder a la formalización de la modificación al Plan de Estudios y Reglamento Interno del Magíster en Biomatemática, a través de correo electrónico de fecha 02 de febrero de 2024. Por tanto,

#### **RESUELVO:**

I. **Apruébense** la modificación al considerando 4° de la Resolución Exenta N°02033 de 2020, que aprueba el programa de Magister en Biomatemática, como sigue:

*“**Donde dice:** Que la presente propuesta, tiene como elementos distintivos el desarrollo multidisciplinar, creando un espacio colaborativo entre los departamentos de Matemática y Biotecnología, que le permitirá ofrecer una alternativa de continuidad formativa a nivel de postgrado a los estudiantes egresados”.*

Debe decir: Que la presente propuesta, tiene como elemento distintivo el desarrollo del modelamiento matemático aplicado a sistemas biológicos, creando un espacio colaborativo entre los departamentos de Matemática y Biotecnología, que le permitirá ofrecer una alternativa de continuidad

formativa a nivel de postgrado a los estudiantes egresados de las carreras de Ingeniería y Ciencias.

**II. Apruébense** la modificación del considerando I. de la Resolución Exenta N°02033 de 2020, que aprueba el programa de Magister en Biomatemática, en los términos que a continuación se indican:

**Donde dice:** “ ... a través de la Escuela de Postgrado y de los Departamentos de Matemática y Biotecnología, ... ”

Debe decir: “ ... a través de la Escuela de Postgrado y del Departamento de Matemática, ... ”

**Donde dice:** “*Para postular al Programa de...*”

Debe decir: El Magíster en Biomatemática está dirigido a licenciados/as y profesionales provenientes de las áreas de Ingeniería, Licenciatura en Matemática o Física, así como áreas afines con interés en el modelamiento matemático de sistemas biológicos. Los y las postulantes deberán tener conocimiento de Cálculo Diferencial e Integral en Varias variables y Álgebra Lineal, como parte de sus estudios previos. Para postular al Programa de Magíster en Biomatemática es necesario:

**Donde dice:** “*a) Estar en posesión de grado de licenciatura o título profesional en el ámbito de la matemática, biología, biotecnología o alguna especialidad relacionada a éstas o estar en posesión del título profesional de Ingeniero civil o equivalente*”.

Debe decir: a) Estar en posesión del grado académico de Licenciatura o Título profesional equivalente de cuatro o más años de estudio en Universidades reconocidas por el Ministerio de Educación de Chile o su equivalente para postulantes de origen extranjero, cuya formación cumpla con un ciclo básico de matemática que sea compatible con los requisitos del programa.

**Donde dice:** “ ... que constan en el punto B6 requisitos de Admisión y Selección de la Estructura de Presentación de Proyectos de Postgrado ”

Debe decir: ... que constan en el punto B8 requisitos de Admisión y Selección de la Estructura de Formulación de Programas de Postgrado del Magíster en Biomatemática

**III. Apruébense** la modificación del considerando II. de la Resolución Exenta N°02033 de 2020, que aprueba el programa de Magister en Biomatemática, en los términos que a continuación se indican:

**Donde Dice:** *“Objetivo General*

*Formar especialistas en el área de la Biomatemática, con grado de magíster, con fuerte base teórica y metodológica multidisciplinaria, capaces de comprender, interpretar y desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.*

*Objetivo Específico*

*Fortalecer el trabajo en equipos multidisciplinarios, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.*

*Aportar a la generación de conocimiento en alguna de las líneas de investigación sustentadas por el programa en el área de la Biomatemática, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico y/o sector productivo”.*

Debe decir: Objetivo General:

Formar especialistas con grado de magíster con fuerte base teórica y metodológica, capaces de desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir al desarrollo científico y la sustentabilidad económica, ambiental y social del país y la región.

Objetivos Específicos:

Fortalecer el trabajo en equipo, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.

Aportar a la generación de conocimiento del ámbito de la matemática aplicada a los sistemas biológicos, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico o sector productivo, con énfasis en el desarrollo sustentable con responsabilidad social.

**IV. Apruébense** la modificación del considerando III. de la Resolución Exenta N°02033 de 2020, que aprueba el programa de Magister en Biomatemática, en los términos que a continuación se indican:

**Donde dice:** *“El Programa del Magister tendrá una duración de dos años, un total de 2.160 horas pedagógicas, se dictará en régimen semestral, en jornada diurna, modalidad presencial, con un total de 11 asignaturas, las que otorgarán un total de 60 créditos”.*



Debe decir: El Programa del Magister tendrá una duración de dos años, un total de 3.168 horas pedagógicas, se dictará en régimen semestral, en jornada diurna, modalidad presencial, con un total de 12 asignaturas, las que otorgarán un total de 88 créditos.

**Donde dice:**

CICLOS	AÑO 1				AÑO 2			
	Semestre 1		Semestre 2		Semestre 3		Semestre 4	
CE	Ecología Matemática	5 SCT POSB8010	Epidemiología Matemática	5 SCT POSB8020	Biotecnología Matemática	5 SCT POSB8030	Electivo Avanzado II	5 SCT POSB8040
	Modelamiento Diferencial	5 SCT POSB8011	Modelamiento Matricial	5 SCT POSB8021	Electivo Avanzado I	5 SCT POSB8031		TESIS
CG	Modelamiento Estocástico	5 SCT POSB8012	Modelamiento Numérico	5 SCT POSB8022		Proyecto Tesis	5 SCT POSB8032	

Debe decir:

AÑO 1				AÑO 2			
SEM 1 22 SCT		SEM 2 22 SCT		SEM 3 22 SCT		SEM 4 22 SCT	
Introducción a la Biomatemática	4 SCT	Proyecto de Tesis	4 SCT	Tesis I	10 SCT	Tesis II	22 SCT
	MOD1		TES1		TES2		TES3
Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	6 SCT	Modelamiento Estructural en Biomatemática	6 SCT	Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos	6 SCT		
	MAT1		MOD2		MOD 4		
Probabilidad y Procesos Estocásticos	6 SCT	Modelamiento Dinámico en Biomatemática	6 SCT	Electivo II	6 SCT		
	MAT2		MOD3		ELE2		
Métodos Numéricos y Programación	6 SCT	Electivo I	6 SCT				
	MAT3		ELE1				

Donde dice:

Ciclos o Programas	Nivel	Código	Asignatura	Duración en semanas	Horas Semanales							SCT-Chile	Requisitos
					Horas Pedagógicas						Total Horas Cronológicas		
					Teoría	Laboratorio	Taller	Total Aula	Total Extra Aula	Total Horas			
CE 11	POSB8010	Ecología Matemática	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso	
CE 12	POSB8011	Modelamiento Diferencial	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso	
CE 13	POSB8012	Modelamiento Estocástico	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso	
CE 21	POSB8020	Epidemiología Matemática	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso	
CE 22	POSB8021	Modelamiento Matricial	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso	
CE 23	POSB8022	Modelamiento Numérico	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8011 POSB8012	
CE 31	POSB8030	Biotecnología Matemática	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso	
CG 32	POSB8031	Electivo Avanzado I	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8021 POSB8022	
CG 33	POSB8032	Proyecto de Tesis	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8010 POSB8020 POSB8021 POSB8022	
CG 41	POSB8040	Electivo Avanzado II	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8031	
CG 42	POST8041	TESIS	18					20	20	15	10	POSB8032 POSB8040	
<b>GRADO DE MAGÍSTER</b>													

Debe decir:

P e r i o d o	Código	Asignatura	D u r a c i ó n t e m p o r a l ( m e s e s , s e m a n a s , d í a s )	Horas semanales							S C T - C H I L E	Requisitos
				Horas pedagógicas						T o t a l h o r a s c r o n o l ó g i c a s		
				T e o r í a	L a b o r a t o r i o	T a l l e r	T o t a l h o r a s d i r e c t a s ( a u l a )	T o t a l h o r a s i n d i r e c t a s ( e x t r a a u l a )	T o t a l h o r a s			
11		Introducción a la Biomatemática	18	4	0	0	4	4	8	6	4	
12		Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
13		Probabilidad y Procesos Estocásticos	18	4	0	0	4	8	12	9	6	

14		Métodos Numéricos y Programación	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
21		Proyecto de Tesis	18	4	0	0	4	4	8	6	4	
22		Modelamiento Estructural en Biomatemática	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
22		Modelamiento Dinámico en Biomatemática	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
24		Electivo I	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
31		Tesis I	18	6	0	0	6	14	20	15	10	Proyecto de Tesis
32		Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
33		Electivo II	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
41		Tesis II	18	6	0	0	6	38	44	33	22	Proyecto de Tesis
GRADO DE MAGÍSTER												

V. Apruébense la modificación del considerando IV. de la Resolución Exenta N°02033 de 2020, que aprueba el programa de Magister en Biomatemática, en los términos que a continuación se indican:

**Donde dice:** “Los programas de estudios de las asignaturas del plan de estudio son los que constan en el anexo I.1 del documento Estructura de Presentación de Proyectos Postgrado páginas 60 hasta la 96 que se acompaña a la presente resolución exenta formando parte integrante de la misma para todos los efectos legales.

Los referidos programas sólo podrán modificarse de conformidad con la reglamentación vigente”.

Debe decir: Los programas de las asignaturas incluidas en el plan de estudios y las disposiciones del reglamento interno del Magíster en Biomatemática se encuentran detallados en el ANEXO FORMATO DE PROGRAMAS DE ASIGNATURAS, abarcando las páginas 39 a 111, y en el ANEXO REGLAMENTO INTERNO DEL PROGRAMA, comprendiendo las páginas 112 a 124, respectivamente, dentro del documento titulado "Presentación de Proyecto de Rediseño del Magíster en Biomatemática". Estos anexos se adjuntan a la presente resolución, formando parte integral de la misma para todos los propósitos legales. Los referidos programas y reglamento sólo podrán modificarse de conformidad con la reglamentación vigente.

**VI.** Apruébense la modificación del considerando V. de la Resolución Exenta N°02033 de 2020, que aprueba el programa de Magister en Biomatemática, en los términos que a continuación se indican:

**Donde dice:** *“Los requisitos de graduación están contemplados en el Título IV de la propuesta de Reglamento Interno del Programa (artículos 25 al 34) en concordancia con Reglamento General de Postgrado de la Universidad. En particular el artículo 25 especifica lo siguiente:*

*Los estudiantes del Programa, deberán desarrollar una Tesis de Graduación durante su último semestre. Según lo establecido en el Artículo 30 del Reglamento General de Postgrado. La tesis es una actividad de carácter individual, en donde el estudiante deberá demostrar que ha adquirido el conocimiento y las competencias establecidas en el Artículo 4 de este reglamento y será sometida a evaluación según lo estipulado en el Artículo 30 del presente reglamento.*

*Para obtener el grado de Magíster en Biomatemática, el estudiante deberá realizar una presentación oral de los resultados de sus tesis en un congreso especializado. Dicha presentación deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académico del Programa, tal como lo estipula el Artículo 34 del presente reglamento.*

*El requisito descrito en el párrafo anterior, podrá ser reemplazado por el envío de un artículo científico con los resultados de la tesis, a una revista especializada. El envío del artículo deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académica del Programa tal como lo estipula el Artículo 30 del presente reglamento.*

*Será responsabilidad del Comité Académico del Programa evaluar la pertinencia del congreso o de la revista que hace alusión los párrafos anteriores”.*

Debe decir: Los requisitos de graduación están contemplados en el Título IX del Reglamento Interno del Programa (artículos 23 al 29) en concordancia con el Reglamento General de Postgrado de la Universidad. En particular el artículo 23 especifica lo siguiente:



El programa contempla una actividad final de graduación que consiste en una tesis original, que podría derivar en un trabajo publicado en una revista con Comité Editorial o en una revisión monográfica, acorde con el carácter académico del Magíster. La evaluación de la tesis incluye la presentación del informe escrito, y su defensa pública. Se aplicará una ponderación de 60% para el trabajo escrito y 40% para la defensa pública. Para optar a la defensa pública será necesario la previa aprobación del trabajo de tesis escrito por la comisión evaluadora o comité de tesis. La nota mínima de aprobación de esta actividad curricular será de 5,5 en escala de 1 a 7.

La actividad de graduación será acorde al perfil de graduación declarado por el programa, y permitirá demostrar la adquisición, por parte del o la estudiante, de las competencias definidas en éste.

La actividad de graduación se desarrollará en el marco de alguna de las líneas de investigación del programa.

**VII.** Rija en todo lo demás la Resolución Exenta N°02033 de 2020, que aprueba el programa de Magister en Biomatemática

DISTRIBUCIÓN:

Vicerrectoría Académica (con antecedentes)  
Vicerrectoría de Administración y Finanzas  
Vicerrectoría de Investigación y Postgrado  
Contraloría Interna (con antecedentes)  
Dirección General de Análisis Institucional y Desarrollo Estratégico Dirección  
Jurídica  
Dirección de Finanzas  
Escuela de Postgrado (con antecedentes)  
Dirección de Investigación  
Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente  
Departamento de Matemáticas  
Departamento de Aranceles  
Unidad de Títulos y Grados  
Unidad de Control Presupuestario  
Programa de Comunicación y Asuntos Públicos

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA  
-----  
DOCUMENTO TOTALMENTE  
TRAMITADO

**PCT**

PCT/AGG



**MEMORÁNDUM N°05**

**A** : **SR. MARIO TORRES ALCAYAGA  
SECRETARIO GENERAL**

**DE** : **SRA. SANDRA GAETE MEJÍAS  
VICERRECTORA ACADÉMICA**

**REF** : **SOLICITA LA MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS Y  
REGLAMENTO INTERNO DEL POSTGRADO MAGISTER EN  
BIOMATEMÁTICA:**

**FECHA** : SANTIAGO, enero 31 de 2024

---

Estimado Sr. Secretario General:

Junto con saludar, solicito a usted enviar al Consejo Académico la modificación del Plan de Estudios y Reglamento Interno del siguiente programa de postgrado:

- Magíster en Biomatemática

Debo señalar que se realizaron observaciones por parte de quien suscribe y la Directora de Aseguramiento de la Calidad de la VRAC Daniela Poblete Cánepa a la Documentación preliminar enviada por el Director de Postgrado Jorge Rodríguez en el marco de la búsqueda de fomentar la instalación de una cultura de excelencia en la Institución y velar por la pertinencia, relevancia y calidad de la formación de las y los estudiantes de Pregrado y Postgrado.

Las observaciones fueron acogidas en su totalidad favorablemente por parte de los Directivos del Magister Doctores Manuel Arenas Carmona, Daniel Sepúlveda Oehninger y el Director de Postgrado.

Una vez que el Consejo Académico se pronuncie, hay que enviar la documentación al Consejo Superior para su aprobación ya que se trata de un Rediseño total del Magister en Biomatemática.

Atenta a sus comentarios

Me despido cordialmente

**SANDRA GAETE MEJÍAS  
VICERRECTORA ACADÉMICA**

c.c.: Sr. Director Escuela de Postgrado

SGM/apbb



**MEMORANDUM N°020 - 2024**

Para : Sr. Jorge Rodríguez Becerra  
Director Escuela de Postgrado

De : Niky Wilson Ringeling  
Vicerrector de Administración y Finanzas

Ref. : Magíster en Biomatemática

Fecha : Santiago, enero 30 de 2024

Estimado Director:

En atención al Memorándum N°38/2024 emitido con fecha 29 de enero de 2024, mediante el cual se solicita la aprobación del presupuesto al ejercicio 2024 destinado al programa Magíster en Biomatemática, tengo el agrado de informarle que esta Vicerrectoría ha evaluado la estructura de ingresos y costos presentada, la cual se detalla de la siguiente manera:

<b>PRESUPUESTO 2024</b>	
Ingresos por Matrícula	\$ 830.000
Ingresos por Arancel	\$ 5.400.000
<b>INGRESOS</b>	<b>\$ 6.230.000</b>
Docencia (Valor hora de reemplazo)	\$-20.480.000
Honorarios Académicos Postgrado	\$ -2.880.000
Honorarios no Académicos Postgrado	\$ -3.585.444
Materiales y Útiles de Oficina	\$ -500.000
Pasajes y Fletes	\$ -2.000.000
Otros Servicios Generales	\$ -250.000
Alimentos y Bebidas	\$ -600.000
Equipos e Inst. Tecnicos: Equipos C	\$ -1.000.000
Gastos por Becas de Estudios	\$-15.000.000
<b>TOTAL COSTOS Y GASTOS DE ADM.</b>	<b>\$-46.295.444</b>
<b>FLUJO DE CAJA NETO</b>	<b>\$-40.065.444</b>



**UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA**  
La Tecnológica del Estado de Chile

**VICERRECTORIA DE ADMINISTRACION  
Y FINANZAS**

Calle Dieciocho N° 161 – Santiago – Chile Fono: (56-2) 7877726

Con base en la información expuesta en la tabla anterior, esta Vicerrectoría toma conocimiento y otorga su aprobación al presupuesto correspondiente al año 2024.

Sin otro particular, se despide atentamente,

**NIKY WILSON RINGELING**  
*Vicerrector*



MEMORÁNDUM N°040/2024

A: SRA. SANDRA GAETE MEJÍAS  
VICERRECTORA ACADÉMICA

DE: SR. JORGE RODRÍGUEZ BECERRA  
DIRECTOR ESCUELA DE POSTGRADO

REFERENCIA: SOLICITUD DE MODIFICACIÓN DE PLAN DE ESTUDIOS DEL MAGÍSTER EN  
BIOMATEMÁTICA  
SANTIAGO, 30 DE ENERO DE 2024

Estimada Vicerrectora:

Junto con saludar cordialmente, en sesión virtual del Consejo de Postgrado del martes 30 de enero de 2024, por unanimidad de los miembros presentes, se resolvió aprobar las modificaciones al Plan de Estudio del programa de Magíster en Biomatemática, aprobado por Resolución Exenta N°02033 de 2020, las cuales han sido solicitadas y presentadas por el director del Programa, Sr. Manuel Arenas, al Consejo de Postgrado.

Las modificaciones al plan de estudios consideran los siguientes aspectos:

- Modificaciones del perfil de ingreso y de egreso.
- Modificaciones en las líneas de investigación, pasando de tres a dos.
- Modificaciones en la descripción general del programa y objetivos.
- Validación del nuevo perfil de graduación.
- Actualización de Competencias.
- Modificación en requisitos de admisión y proceso de selección.
- Modificaciones en la Malla curricular.
- Incorporación de Matriz de Coherencia Curricular.
- Modificaciones en Programas de asignaturas.
- Modificaciones en Reglamento Interno del Programa.
- Modificaciones en el número de SCT-Chile.

En conformidad con los acuerdos alcanzados durante la sesión del Consejo de Postgrado del 30 de enero de 2024, donde se revisó y aprobaron las modificaciones del Plan de estudios y del Reglamento Interno del Magíster en Biomatemática, me permito proponer a usted las modificaciones, **consideradas sustanciales por el Consejo de Postgrado**, que actualizan el programa de magíster antes señalado y solicitar la gestión que corresponda para tramitar el respectivo acto administrativo de esta actualización.

Se adjunta, Resolución de aprobación mencionada y certificado de aprobación de la actualización del Plan de Estudios y del Reglamento Interno del programa, junto con el formulario de rediseño del programa, informe que funda el rediseño y presentación empleada por el director del programa en la sesión del Consejo de Postgrado. Adicionalmente, se informa que el Memorándum N°020 de 2024 realizado por la Vicerrectoría de Administración y Finanzas, que aprueba el presupuesto



**Dirección  
Escuela de Postgrado**

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

correspondiente al año 2024 fue realizado considerando los ajustes en SCT-Chile de ambos planes de estudios, a saber, el vigente y el programa rediseñado.

Agradeciendo su atención, le saluda muy atentamente,

**Dr. Jorge Rodríguez Becerra**  
Director Escuela de Postgrado  
Universidad Tecnológica Metropolitana

JRB/mjhp



**MEMORÁNDUM N°04**

**A** : **SR. MARIO TORRES ALCAYAGA**  
**SECRETARIO GENERAL**

**DE** : **SRA. SANDRA GAETE MEJÍAS**  
**VICERRECTORA ACADÉMICA**

**REF** : **SOLICITA APROBACIÓN DE DICTACIÓN DE PROGRAMA**  
**DE POSTGRADO ANTE CONSEJO ACADÉMICO.**

**FECHA** : SANTIAGO, enero 31 de 2024

---

Estimado Sr. Secretario General:

Junto con saludar, solicito a usted enviar al Consejo Académico la aprobación de las dictaciones para el año 2024 del siguiente programa de postgrado rediseñado:

- Magíster en Biomatemática

Saludos cordiales.

**SANDRA GAETE MEJÍAS**  
**VICERRECTORA ACADÉMICA**

c.c.: Sr. Director Escuela de Postgrado

SGM/apbb



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA  
*del Estado de Chile*

# DOCTORADOS/MAGÍSTERES POSTGRADO

## Magíster en Biomatemática

Formulación de Programas de Postgrado

## Tabla de contenido

A.	IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA.....	4
B.	PLAN DE ESTUDIOS .....	5
B.1.	FUNDAMENTACIÓN DEL PROGRAMA .....	5
B.2.	CARÁCTER DEL PROGRAMA.....	7
B.3.	OBJETIVOS DEL PROGRAMA .....	7
B.4.	PERFIL DE GRADUACIÓN .....	7
B.5.	SISTEMATIZACIÓN DE COMPETENCIAS .....	8
B.6.	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O ÁREAS DE DESARROLLO PROFESIONAL DEL PROGRAMA .....	8
B.7.	PERFIL DE INGRESO .....	9
B.8.	REQUISITOS DE ADMISIÓN Y PROCESO DE SELECCIÓN .....	9
B.9.	REQUISITOS DE OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO Y/O CERTIFICACIONES INTERMEDIAS.....	10
B.10.1.	DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS .....	11
B.10.2.	CUADRO RESUMEN DEL PLAN DE ESTUDIOS.....	13
B.10.3.	MALLA CURRICULAR .....	13
B.10.4.	PLAN DE ESTUDIOS.....	14
B.11.	METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE.....	15
B.12.	EVALUACIÓN DE APRENDIZAJES.....	16
B.13.	ESTRATEGIAS DE SEGUIMIENTO Y PRONTA GRADUACIÓN DE ESTUDIANTES .....	16
C.	CUERPO ACADÉMICO DEL PROGRAMA .....	17
C.1.	COMITÉ DE ÁREA DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN (CNA).....	17
C.2.	ORIENTACIONES INDIVIDUALES Y GRUPALES DEL COMITÉ DE ÁREA.....	17
C.3.	PRODUCTIVIDAD DE CLAUSTRO O NÚCLEO ACADÉMICO DEL PROGRAMA.....	17
C.4.	ÁREAS DE DESARROLLO, LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O CREACIÓN .....	21
D.	APOYOS INSTITUCIONALES E INFRAESTRUCTURA .....	21
D.1.	ESPACIOS FÍSICOS O VIRTUALES.....	21
D.2.	EQUIPAMIENTO INSTITUCIONAL.....	22
D.3.	CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DEL PROGRAMA .....	22
D.3.1.	SUSCRIPCIONES VIGENTES A REVISTAS ESPECIALIZADAS Y/O ACCESO VIRTUAL A PUBLICACIONES EN EL ÁREA DEL PROGRAMA .....	22
D.3.2.	LIBROS (TÍTULOS) .....	24
D.3.3.	LICENCIAS DE SOFTWARE .....	27

<b>D.3.4. PRESUPUESTO ANUAL PARA LA ACTUALIZACIÓN Y/O ADQUISICIÓN DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS Y EQUIPAMIENTO .....</b>	<b>27</b>
<b>D.4. BENEFICIOS Y AYUDAS ESTUDIANTILES.....</b>	<b>27</b>
<b>D.5. FINANCIAMIENTO PARA OTRAS ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS .....</b>	<b>28</b>
<b>E. VINCULACIÓN CON EL MEDIO .....</b>	<b>28</b>
<b>E.1. LINEAMIENTOS DE VINCULACIÓN CON EL MEDIO .....</b>	<b>28</b>
<b>E.2. CONVENIOS DEL PROGRAMA.....</b>	<b>29</b>
<b>F. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE POSTGRADO.....</b>	<b>30</b>
<b>F.1. MECANISMO DE SEGUIMIENTO A GRADUADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>F.2. ESTRATEGIAS DE AUTOEVALUACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PROGRAMA .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO MATRIZ DE COHERENCIA CURRICULAR POSTGRADO .....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO FORMATO DE PROGRAMAS DE ASIGNATURAS .....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO REGLAMENTO INTERNO DEL PROGRAMA .....</b>	<b>112</b>

## **A. IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA**

### **A1. NOMBRE DEL PROGRAMA**

Magíster en Biomatemática

### **A2. GRADO/S OTORGADO/S POR EL PROGRAMA**

Magíster en Biomatemática

### **A3. FACULTAD O FACULTADES**

Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente

### **A4. DEPARTAMENTO O DEPENDENCIA ACADÉMICA**

Departamento de Matemática

### **A5. PERIODOS ACADÉMICOS**

Semestral

### **A6. MODALIDAD**

Presencial

### **A7. JORNADA**

Diurna

### **A8. DEDICACIÓN**

Parcial tres cuartos de jornada

### **A9. DURACIÓN**

4 semestres, 2 años

### **A10. HORARIO DE CLASES REFERENCIAL**

Lunes a viernes de 08:00 a 12:50 hrs.

## B. PLAN DE ESTUDIOS

### B.1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROGRAMA

i) La Universidad Tecnológica Metropolitana- UTEM ha declarado dentro de su misión y visión su compromiso con la investigación, creación y transferencia de conocimiento para contribuir al progreso de la sociedad, brindando una formación de calidad con un sello tecnológico e innovador. Asimismo, la universidad traza sus prioridades basándose en metas orientadas a la excelencia que la lleven a consolidarse como una universidad compleja. En este sentido, se compromete a presentar una oferta de programas de postgrado, que permita la especialización de profesionales y graduados como respuesta a las necesidades del entorno, consecuente con la responsabilidad social que le caracteriza.

En el Plan de Desarrollo Institucional 2021 – 2025, la Universidad se compromete a aumentar la producción científica de alta calidad, diversificando las áreas de investigación de acuerdo con los desafíos del país y la región. Además, se propone incrementar la oferta de programas de postgrado que cumplan con estándares acreditables. De este modo, la UTEM asume el compromiso de fortalecerse en términos de capital humano e infraestructura, así como en su presencia e impacto a nivel nacional e internacional.

El departamento de Matemática ha sido uno de los pioneros en el desarrollo de la investigación y búsqueda de la complejización educativa hacia los postgrados. El Grupo de Investigación en Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos (MatBio-UTEM), creado en el año 2016, ha desarrollado múltiples instancias de colaboración, entre ellas, 70 seminarios con expertos nacionales e internacionales, 7 workshops donde han participado más de 500 expertos en biomatemática de todo el mundo presentando ideas y avances de investigación, la creación de una revista científica sobre “Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos” que está indexada en prestigiosas bases de datos internacionales como Latindex 2.0 y Sherpa Romeo, junto a la publicación de numerosos artículos en revistas científicas de alto impacto (WoS Q1). Lo anterior permitió formalizar MatBio-UTEM como un grupo de investigación en el año 2019, permitiendo la posterior incorporación de académicos del departamento de biotecnología y la contratación de varios profesores con perfil de investigador para el propio departamento. En dicho contexto de crecimiento, la necesidad de consolidar las líneas de investigación en biomatemática por medio de la formación de estudiantes y el trabajo con tesis, se crea la propuesta de un Magíster en Biomatemática.

ii) La biomatemática ha tenido un fuerte desarrollo en las últimas décadas tanto a nivel nacional como internacional. Esto se debe principalmente a la creciente complejidad de nuestro entendimiento de los sistemas biológicos tanto desde una perspectiva teórica, experimental, y de desarrollo económico en torno a la tecnología. En particular, la biomatemática ha proporcionado herramientas analíticas y predictivas esenciales para desarrollar aplicaciones complejas en biología y medicina, facilitando la toma de decisiones informadas en políticas públicas, el desarrollo de tecnología en la industria, y el crecimiento en estas disciplinas en lo científico. Además, el crecimiento exponencial de datos biológicos disponibles y la necesidad de su uso en la optimización de procesos en campos como la agricultura, conservación ecológica y biotecnología proyectan a la biomatemática como una disciplina esencial para las próximas décadas.

El Magíster en Biomatemática responde a la convergencia del desarrollo sostenido del grupo MatBio-UTEM como referente de investigación en la materia, y la creciente demanda de expertos en esta área en las últimas décadas. En particular sobre esto último, fenómenos biológicos de gran escala como el cambio climático y el decrecimiento de la biodiversidad son hoy en día centrales y generan mucha oferta laboral. La expertiz matemática en áreas como la dinámica de poblaciones, la resiliencia de los ecosistemas, y la geo-estadística ecológica, son elementos diferenciadores que permiten el tratamiento de problemáticas ambientales con herramientas novedosas, cada vez más necesarios en la nueva era digital de datos y que no sólo son de interés académico sino que también para servicios del estado como el ministerio o subsecretarías del medio ambiente, industrias como la agropecuaria y minera. Similarmente, áreas relacionadas a fenómenos biológicos microscópicos como la epidemiología, la dinámica de los metabolismos durante el envejecimiento, o las derivas genéticas inducidas por cambios en la dieta o condiciones ambientales, son áreas activas en

MatBio-UTEM y que reciben cada vez más interés desde servicios del estado como el ministerio de salud, y desde industrias relacionadas a la medicina, nutrición, farmacéutica, etc.

En un sentido social, la biomatemática es una disciplina estratégica para el desarrollo del país. El Plan de Gobierno para el periodo 2022-2026, identificado por la CEPAL, coloca en primer plano tres áreas clave para el país: abordar las consecuencias de la emergencia sanitaria y revitalizar la economía, así como avanzar hacia una sociedad centrada en la sostenibilidad y el bienestar. El presente programa genera capacidades avanzadas para enfrentar las dos primeras prioridades, destacando la modelización epidemiológica para respaldar decisiones informadas en situaciones de crisis sanitaria y en el desarrollo de modelos ecológicos y socio-ecológicos para promover la sostenibilidad. Así, el Magíster en Biomatemática es una alternativa que permite el desarrollo profesional del estudiante hacia un futuro económicamente rentable, y la formación de capital humano avanzado para enfrentar las problemáticas más urgentes de nuestra sociedad.

El Magíster en Biomatemática ofrece una alternativa de continuidad formativa a nivel de postgrado para los estudiantes egresados de carreras como la Ingeniería, Licenciatura en Matemática o Física, así como áreas afines con interés en el modelamiento matemático de sistemas biológicos, provenientes tanto de la UTEM como de otras universidades nacionales y extranjeras. A la vez, el Magíster en Biomatemática provee bases sólidas para una continuación en el Doctorado de Informática aplicada en Salud y Medio Ambiente, dictado por UTEM.

iii) Si bien, el creciente desarrollo de la biomatemática a nivel mundial se evidencia por el incremento exponencial de publicaciones en ciertas áreas en los últimos años, a nivel nacional, la única alternativa de postgrado enfocada específicamente en ella es la de UTEM, creando de esta forma una ventaja que la distingue y proyecta hacia una consolidación de liderazgo dentro de la oferta nacional total de postgrado. La especialización más cercana es aquella referida a Matemática Aplicada, disponible en algunas universidades, sin embargo, la presente oferta se distingue por ser la única que se enfoca en el modelamiento matemático de sistemas biológicos, lo que se ve reflejado a lo largo del plan formativo. A nivel latinoamericano, solo existe una oferta equivalente en Colombia.

Como se ha mencionado, este programa se centra en problemas biológicos concretos con alta proyección de trabajo para el futuro como la modelación de la propagación de enfermedades, la optimización de procesos biotecnológicos y la gestión sostenible de recursos naturales, poniendo énfasis en una comprensión profunda del proceso de desarrollo de un modelo matemático. Lo anterior consiste no sólo en construir modelos precisos de fenómenos biológicos, sino que también la capacidad de interpretar los resultados de los modelos con miras a abordar desafíos del mundo real por medio del apoyo a las decisiones informadas.

La enseñanza matemática de este magíster se divide en dos líneas principales, que también delimitan los horizontes del trabajo de tesis: modelamiento estructural y modelamiento dinámico en biomatemática. La formación pedagógica presenta ambas áreas durante el primer año de forma balanceada, del mismo modo que el claustro de profesores cubre con su trabajo investigativo ambas líneas, permitiendo al estudiantado especializarse según interés en el desarrollo de su tesis.

iv) El programa cuenta con un claustro especializado de doctores que, regularmente, colaboran con centros de investigación a nivel internacional en la temática del programa, lo que permite cumplir con el objetivo de asegurar un estándar acreditable en los procesos formativos de este postgrado y contribuye a llevar la investigación desarrollada en este contexto a un nivel competitivo. Otro dato relevante es que los investigadores del claustro han recibido seis proyectos Fondecyt-ANID, cinco proyectos internos, dos proyectos de Cooperación Regional MATH-AmSud y han publicado más de 10 artículos en revistas de primer nivel (Q1) en los últimos 3 años, lo que posiciona al grupo como uno de los referentes latinoamericanos en biomatemática.

## B.2. CARÁCTER DEL PROGRAMA

Académico

## B.3. OBJETIVOS DEL PROGRAMA

### OBJETIVO GENERAL:

Formar especialistas con grado de magíster con fuerte base teórica y metodológica, capaces de desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir al desarrollo científico y la sustentabilidad económica, ambiental y social del país y la región.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Fortalecer el trabajo en equipo, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.

Aportar a la generación de conocimiento del ámbito de la matemática aplicada a los sistemas biológicos, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico o sector productivo, con énfasis en el desarrollo sustentable con responsabilidad social.

## B.4. PERFIL DE GRADUACIÓN<sup>1</sup>

La persona graduada del Magíster en Biomatemática de la Universidad Tecnológica Metropolitana es un especialista que domina en un nivel avanzado la teoría y las técnicas de la matemática aplicada, siendo capaz de modelar y analizar matemáticamente sistemas biológicos, aportando con ello a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

El dominio en matemática le permite aplicar principios teóricos-matemáticos para interpretar e inferir resultados en base a categorías en el marco de las líneas de investigación Modelamiento Dinámico o Modelamiento Estructural en Biomatemática. Asimismo, su formación disciplinar y en el uso de tecnología le capacita en la aplicación de programas de simulación computacional de modelos matemáticos con el fin de explorar, conjeturar y predecir comportamientos de sistemas biológicos.

Su manejo conceptual y taxonómico especializado le permite interactuar con matemáticos y biólogos, facilitando su inserción y trabajo colaborativo en equipos de investigación, desarrollo e innovación en las líneas de investigación declaradas por el programa.

El o la especialista puede insertarse en equipos de investigación en la academia y sector productivo, en actividades de docencia universitaria, en labores de divulgación científica y la continuidad de estudios a nivel doctoral en las disciplinas de Matemática Aplicada, Biomatemática, Informática Aplicada y otras afines.

---

<sup>1</sup> Anexas Informe de validación del perfil de graduación

## B.5. SISTEMATIZACIÓN DE COMPETENCIAS<sup>2</sup>

### Competencias<sup>3</sup>

1. Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.
2. Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.
3. Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.
4. Integrar equipos de trabajo de investigación, desarrollo e innovación aportando su conocimiento en biomatemática para alcanzar, de manera eficiente, el logro de objetivos del proyecto.

## B.6. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O ÁREAS DE DESARROLLO PROFESIONAL DEL PROGRAMA

Las líneas de investigación, creación y/o innovaciones declaradas por el programa son:

**Modelamiento Dinámico en Biomatemática (L1):** El modelamiento dinámico en biomatemática se centra en el estudio de procesos biológicos a lo largo del tiempo, analizando cómo las variables cambian y evolucionan. Este enfoque utiliza ecuaciones diferenciales o discretas para representar y predecir las dinámicas temporales de los elementos biológicos. Se busca entender cómo las interacciones entre diferentes componentes biológicos, como poblaciones, genes o moléculas, influyen en la evolución del sistema a lo largo del tiempo. El modelamiento dinámico es esencial para capturar y analizar fenómenos como el crecimiento de poblaciones, la propagación de enfermedades y las respuestas temporales a estímulos ambientales.

**Modelamiento Estructural en Biomatemática (L2):** El modelamiento estructural en biomatemática se enfoca en la descripción de la organización y la arquitectura de los componentes biológicos sin considerar explícitamente el factor temporal. Este enfoque utiliza herramientas como grafos, redes y modelos topológicos para representar las relaciones espaciales y estructurales entre diferentes elementos biológicos. El objetivo principal es entender cómo las partes constituyentes de un sistema biológico interactúan para configurar propiedades o funciones biológicas relevantes. El modelamiento estructural es crucial para abordar cuestiones relacionadas a la conectividad, modularidad, complejidad, y en general a cómo una estructura de componentes permite descubrir relaciones no triviales entre biomoléculas, células o estructuras biológicas, para una mejor comprensión de los fenómenos biológicos.

<sup>2</sup> Ver Anexo Matriz de coherencia curricular postgrado.

<sup>3</sup> Son las competencias específicas propias y definitorias de las áreas disciplinares y/o profesionales del programa.

## B.7. PERFIL DE INGRESO

El Magíster en Biomatemática está dirigido a licenciados/as y profesionales provenientes de las áreas de Ingeniería, Licenciatura en Matemática o Física, así como áreas afines con interés en el modelamiento matemático de sistemas biológicos. Los y las postulantes deberán tener conocimiento de Cálculo Diferencial e Integral en Varias variables y Álgebra Lineal, como parte de sus estudios previos.

## B.8. REQUISITOS DE ADMISIÓN Y PROCESO DE SELECCIÓN

Para optar al programa de magíster cada postulante debe estar en posesión del grado académico de Licenciatura o Título profesional equivalente de cuatro o más años de estudio en Universidades reconocidas por el Ministerio de Educación de Chile o su equivalente para postulantes de origen extranjero, cuya formación cumpla con un ciclo básico de matemática que sea compatible con los requisitos del programa.

Excepcionalmente, los interesados que posean una Licenciatura o Título Profesional pero que no cumplieran con el criterio de formación matemática, pueden igualmente postular en caso de tener antecedentes académicos destacados y haber desarrollado previamente investigación en biomatemática. Esta excepción debe ser por acuerdo unánime del Comité Académico del magíster.

Los y las postulantes deben presentar una solicitud de admisión, completando un formulario de postulación on-line, donde deberán subir los siguientes documentos:

1. Certificado de grado académico de licenciatura o título profesional equivalente en las áreas de Ingeniería, Licenciatura en Matemática o Física u otra afín, legalizado ante notario.
2. Cédula de identidad o pasaporte en el caso de extranjeros.
3. Curriculum vitae actualizado, en formato institucional.
4. Concentración de notas de Licenciatura o Título profesional y si corresponde, concentración de notas de Magíster, indicando el sistema de medición empleado en la institución donde realizó sus estudios.
5. Opcionalmente, certificados de cursos o diplomas afines declarados en el currículum.
6. Dos cartas de recomendación de académicos universitarios.
7. Carta de motivación a la investigación donde se evidencie la relación con alguna línea de investigación que se quiere seguir dentro del programa.

El postulante no requiere certificado que acredite su capacidad de comprensión lectora en idioma inglés, sin embargo, esta habilidad es deseable para la lectura de artículos y libros de índole científica.

### Proceso de selección

La selección académica de los postulantes estará a cargo del Comité Académico del Programa, la que se realizará mediante un procedimiento objetivo de asignación de puntaje, estableciendo un puntaje mínimo de admisión que operará independientemente del número de vacantes ofertadas.

Las etapas del proceso de selección corresponden a las siguientes:

- a) Período de recepción de antecedentes;
- b) Preselección;
- c) Selección;
- d) Resolución.

a) Período de recepción de antecedentes: Los interesados deben completar el formulario de postulación on-line, disponible en el sitio web institucional y adjuntar la documentación de acuerdo con los formatos y las fechas programadas.

b) Preselección: El Comité Académico del programa analiza los antecedentes académicos y profesionales presentados, identifica las postulaciones admisibles, y evalúa los antecedentes de acuerdo con la pauta de esta etapa. Los resultados de la preselección se informarán una semana después del cierre de postulaciones.

Criterios de evaluación para la preselección:

-Antecedentes académicos: Notas de excelencia obtenidas en pregrado o postgrado (Puntaje máximo 25 pts.)

-Antecedentes profesionales: Experiencia docente (estudiante, ayudante, profesor) y Experiencia en investigación (Participación en proyectos de investigación, presentaciones en congresos, artículos publicados) (Puntaje máximo 25 pts.)

-Cartas de recomendación: Nivel académico de quien lo recomienda, relación con el o la postulante, declaración de aptitudes personales y académicas, recomendación general (Puntaje máximo 15 pts.)

-Carta de motivación a la investigación: Claridad y coherencia de la motivación por investigación, pertinencia con las líneas de investigación del programa (Puntaje máximo 10 pts.)

Serán preseleccionados los y las postulantes que logren un puntaje igual o superior a 45 pts., y se informará mediante correo electrónico con el detalle de la evaluación obtenida.

c) Selección: Consiste en una entrevista con el Comité Académico del programa. La entrevista puede ser presencial o virtual con fecha y hora informada por el programa al entregar los resultados de la etapa de preselección.

Criterios de evaluación para la selección:

-Entrevista con el comité académico: Motivación para cursar el magíster, trayectoria académica, las razones por que desea realizar el magíster y la relevancia de contar con estudios de magíster para el avance de su carrera (Puntaje máximo 25 pts.)

Serán seleccionados/as los /as postulantes que hayan obtenido los más altos puntajes, en número igual al cupo establecido por la resolución de dictación aprobada para el programa. En caso de que el número de postulantes elegibles sea menor a los cupos disponibles, la diferencia será considerada como cupos vacantes.

d) Resolución: El resultado de la selección será informado a todos los postulantes mediante comunicado oficial de el/la Director/a del programa, enviado por correo electrónico, en donde se incluirá la evaluación y puntuación obtenida en el proceso.

A quienes resulten seleccionados en el programa se les solicitará formalizar su matrícula en la UTEM, debiendo cumplir con los trámites necesarios para obtener la calidad de Estudiante de Postgrado de acuerdo con la normativa vigente.

## **B.9. REQUISITOS DE OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO Y/O CERTIFICACIONES INTERMEDIAS**

Los requisitos de graduación del programa son los siguientes:

a) El programa contempla una actividad final de graduación que consiste en una tesis original, que podría derivar en un trabajo publicado en una revista con Comité Editorial o en una revisión monográfica, acorde con

el carácter académico del Magíster. La evaluación de la tesis incluye la presentación del informe escrito, y su defensa pública. Se aplicará una ponderación de 60% para el trabajo escrito y 40% para la defensa pública. Para optar a la defensa pública será necesario la previa aprobación del trabajo de tesis escrito por la comisión evaluadora o comité de tesis. La nota mínima de aprobación de esta actividad curricular será de 5,5 en escala de 1 a 7.

b) La actividad de graduación será de carácter individual, independiente si esta actividad está inserta en un equipo de trabajo o proyecto que involucre a más personas.

c) La actividad de graduación será acorde al perfil de grado declarado por el programa, y permitirá demostrar la adquisición, por parte del o la estudiante, de las competencias definidas en éste.

d) La actividad de graduación se desarrollará en el marco de alguna de las líneas de investigación del programa.

e) La actividad de graduación será dirigida y orientada por un/a académico/a del Programa, que cumpla los criterios de productividad del comité de área de la CNA, quien será denominado/a Profesor/a guía de Tesis. Un integrante del cuerpo académico del Programa, debidamente habilitado, podrá adicionalmente colaborar al desarrollo de una tesis actuando como co-guía. En cualquier caso, los académicos/as guías y co-guías deben estar en posesión de un grado igual o superior al de magíster.

f) La comisión evaluadora o comité de tesis es una comisión constituida, a lo menos, por el Profesor Guía de Tesis, un académico/a del Claustro del Programa, un/a especialista externo al programa y el/la Director/a del Programa quien actuará sólo como Presidente de la comisión.

i) Para obtener el grado académico de Magíster se deberán aprobar todas las asignaturas del plan de estudios, incluida la Tesis, es decir, un total de 88 SCT- Chile.

j) La calificación final para la obtención del grado académico se calculará según la siguiente ponderación:

- Nota del promedio simple de las asignaturas del plan de estudios: 40%
- Nota de la Tesis: 60% (60% trabajo escrito y 40% defensa pública)

## B.10. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA Y PLAN DE ESTUDIOS

### B.10.1. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

El plan de estudios contempla el cumplimiento de 88 SCT-Chile. Para dar cumplimiento a los objetivos y perfil de graduación del magíster, las actividades curriculares consideran cursos obligatorios, electivos y de tesis. Las 10 asignaturas obligatorias son:

Asignaturas obligatorias	Semestre	Línea 1	Línea 2
Introducción a la Biomatemática	1	X	X
Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	1	X	
Probabilidad y Procesos Estocásticos	1	X	X
Métodos Numéricos y Programación	1	X	X
Proyecto de Tesis	2	X	X
Modelamiento Estructural en Biomatemática	2		X
Modelamiento Dinámico en Biomatemática	2	X	
Tesis I	3	X	X
Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos	3		X

Tesis II	4	X	X
Los estudiantes podrán elegir dos electivos entre las siguientes 10 opciones:			
<b>Asignaturas electivas</b>	<b>Semestre</b>	<b>Línea 1</b>	<b>Línea 2</b>
Teoría de Álgebras con Realización Genética	2 o 3		X
Análisis de Fourier y Distribuciones	2 o 3	X	X
Introducción al Análisis Funcional	2 o 3	X	
Introducción a las Ecuaciones Dispersivas	2 o 3	X	
Ecuaciones Diferenciales con Retardo en Biomatemática	2 o 3	X	
Introducción a las Ecuaciones Diferenciales Parciales	2 o 3	X	
Métodos Numéricos Avanzados y sus Aplicaciones	2 o 3	X	X
Modelamiento Estocástico de Enfermedades Infecciosas	2 o 3	X	X
Introducción a la Teoría de Semigrupos	2 o 3	X	
Teoría de Organizaciones Químicas	2 o 3		X
<p>Las metodologías de enseñanza-aprendizaje consideradas para el logro de las competencias son: el método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real, estudio y explicación de textos, generando espacios para discusión y análisis de los trabajos expuestos; aprendizaje basado en problemas matemáticos y/o computacionales, como punto de partida para integrar conocimientos; enseñanza por proyectos, donde los y las estudiantes abordan de forma práctica y colaborativa el desarrollo de proyectos ligados a intereses reales; y aprendizaje basado en investigación, como parte del método de enseñanza de la ciencia.</p> <p>El sistema de evaluaciones del logro de los aprendizajes considera: la realización de talleres y seminarios; pruebas o exámenes escritos de evaluación integral del conocimiento; formulación de proyectos de investigación; informe escrito sobre el modelo matemático; simulaciones numéricas en scripts; redacción de Informe de investigación; presentación oral del proyecto de tesis ante sus pares, académicos y especialistas.</p> <p>La actividad de graduación es una tesis original, evaluada con 60% en el trabajo escrito y 40% en la defensa pública. Se necesita aprobación previa para la defensa pública, con una nota mínima de 5.5 en escala de 1 a 7. Es una actividad individual y debe estar relacionada con el perfil de grado y las competencias del programa en una línea de investigación del Magíster en Biomatemática.</p>			

### B.10.2. CUADRO RESUMEN DEL PLAN DE ESTUDIOS

<b>Magíster en Biomatemática</b>		Código interno	
Grado que otorga	Magíster	Duración	2 años
		Horas pedagógicas totales	3168
		Horas cronológicas totales	2376,0
		SCT- Chile	88

### B.10.3. MALLA CURRICULAR<sup>4</sup>

Magíster en Biomatemática

AÑO 1						AÑO 2					
SEM 1 22 SCT			SEM 2 22 SCT			SEM 3 22 SCT			SEM 4 22 SCT		
Introducción a la Biomatemática	SCT	4	Proyecto de Tesis	SCT	4	Tesis I	SCT	10	Tesis II	SCT	22
	COD	MOD 1		COD	TES1		COD	TES2		COD	TES3
Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	SCT	6	Modelamiento o Estructural en Biomatemática	SCT	6	Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos	SCT	6		SCT	
	COD	MAT1		COD	MOD2		COD	MOD 4		COD	
Probabilidad y Procesos Estocásticos	SCT	6	Modelamiento o Dinámico en Biomatemática	SCT	6	Electivo II	SCT	6		SCT	
	COD	MAT2		COD	MOD3		COD	ELE2		COD	
Métodos Numéricos y Programación	SCT	6	Electivo I	SCT	6		SCT			SCT	
	COD	MAT3		COD	ELE1		COD			COD	

<sup>4</sup> Ajustar formato de malla curricular según corresponda a la necesidad del programa.

**B.10.4. PLAN DE ESTUDIOS**

P e r i o d o	Código	Asignatura	D u r a c i ó n t e m p o r a l ( m e s e s , s e m a n a s , d í a s )	Horas semanales							S C T - C H I L E	Requisitos	
				Horas pedagógicas						T o t a l h o r a s i n d i r e c t a s ( e x t r a a u l a )			T o t a l h o r a s c r o n o l ó g i c a s
				T e o r í a	L a b o r a t o r i o	T a l l e r	T o t a l h o r a s d i r e c t a s ( a u l a )	T o t a l h o r a s i n d i r e c t a s ( e x t r a a u l a )	T o t a l h o r a s				
11		Introducción a la Biomatemática	18	4	0	0	4	4	8	6	4		
12		Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	18	4	0	0	4	8	12	9	6		
13		Probabilidad y Procesos Estocásticos	18	4	0	0	4	8	12	9	6		

14		Métodos Numéricos y Programación	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
21		Proyecto de Tesis	18	4	0	0	4	4	8	6	4	
22		Modelamiento Estructural en Biomatemática	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
22		Modelamiento Dinámico en Biomatemática	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
24		Electivo I	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
31		Tesis I	18	6	0	0	6	14	20	15	10	Proyecto de Tesis
32		Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
33		Electivo II	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
41		Tesis II	18	6	0	0	6	38	44	33	22	Proyecto de Tesis
GRADO DE MAGÍSTER												

### B.11. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE

El magíster contempla estrategias de enseñanza centradas en el aprendizaje de los estudiantes, desarrolladas en las diversas actividades curriculares en las que se alienta la participación activa.

Ejemplo de ello son:

-Aprendizaje basado en investigación, como parte del método de enseñanza de la ciencia. Los y las estudiantes abordan problemas de investigación contemporáneos en áreas específicas o problemas multidisciplinares mediante, (i) el análisis de artículos científicos, (ii) analizar la metodología y los resultados de una investigación, (iii) crear un estado del arte de un tema científico mediante la revisión de la literatura y formular preguntas de investigación, (iv) elaborar hipótesis de investigación a un problema identificado, (v) involucrar a los estudiantes en un proyecto de investigación.

-Enseñanza por proyectos, donde los y las estudiantes abordan de forma práctica y colaborativa el desarrollo de proyectos ligados a intereses reales. En particular se utilizará el método de enseñanza para STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) donde académicos de diferentes áreas trabajan en un proyecto común y abordan problemas de sustentabilidad, de energías renovables, de gestión de residuos, u otros.

-Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

-Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

-Método del aula invertida donde se muestran los conocimientos y las explicaciones en actividades fuera del aula, y luego las actividades prácticas se realizan en el aula.

## **B.12. EVALUACIÓN DE APRENDIZAJES**

El magíster contempla estrategias de evaluación, coevaluación y autoevaluación que permiten dar cuenta del logro de las competencias y resultados de aprendizaje por parte de los y las estudiantes, tales como:

- Exposición oral de artículos científicos relevantes.
- Redacción de informes de investigación.
- Presentación oral de informes de investigación.
- Presentación de un código de programación.
- Realización de talleres y seminarios.
- Pruebas o exámenes escritos de evaluación integral del conocimiento.
- Formulación de proyectos de investigación.

Para asociar la mejora de los aprendizajes a la evaluación, los y las estudiantes estarán sujetos a procedimientos evaluativos que consideran un proceso de retroalimentación.

## **B.13. ESTRATÉGIAS DE SEGUIMIENTO Y PRONTA GRADUACIÓN DE ESTUDIANTES**

El Comité Académico del Programa ha tomado las siguientes medidas para velar por la graduación oportuna de los y las estudiantes del Magíster:

- La viabilidad del desarrollo de los proyectos de tesis propuestos por los académicos del Programa dentro de los plazos establecidos será un factor fundamental dentro de la evaluación de los proyectos de tesis por parte del Comité Académico,
- El/la Director/a del Programa deberá solicitar al menos un informe de avance de tesis a los estudiantes que se encuentren cursando la asignatura Tesis I, durante el mes de mayo y de ser necesario definir un plan de realización de tesis.

## C. CUERPO ACADÉMICO DEL PROGRAMA

### C.1. COMITÉ DE ÁREA DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN (CNA)<sup>5</sup>

Comité de área de Matemáticas y Estadística.

### C.2. ORIENTACIONES INDIVIDUALES Y GRUPALES DEL COMITÉ DE ÁREA

Orientación Individual	Orientación Grupal	Notas:
2 publicaciones WOS, donde al menos 1 es de nivel B o Q2, por académico del claustro, en los últimos 5 años.	El 100% de los integrantes del claustro debe cumplir con la orientación individual en cuanto a publicaciones.	La categorización B corresponde a la clasificación del grupo de Estudios de FONDECYT de Matemática y Estadística y la categorización Q2 corresponde a WOS.

### C.3. PRODUCTIVIDAD DE CLAUSTRO O NÚCLEO ACADÉMICO DEL PROGRAMA<sup>6</sup>

Nombre de académico/a	Manuel Arenas Carmona
Departamento o dependencia académica	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

<sup>5</sup> Comités de área de CNA en <https://www.cnachile.cl/Paginas/Acreditacion-Postgrado.aspx>

<sup>6</sup> Completar los campos de productividad individual y grupal en coherencia con las orientaciones del punto C2.

Nombre de académico/a	Daniel Sepúlveda Oehninger
Departamento o dependencia académica	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

Nombre de académico/a	Fabio Lima Lopes
Departamento o dependencia académica	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

Nombre de académico/a	Fernando Huancas Suárez
Departamento o dependencia académica	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

Nombre de académico/a	Humberto Brito Santana
Departamento o dependencia académica	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

Nombre de académico/a	Jorge González Camus
Departamento o dependencia académica	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

Nombre de académico/a	Francisco Vielma Leal
Departamento o dependencia académica	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

Nombre de académico/a	Tomás Veloz González
Departamento o dependencia académica	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

Nombre de académico/a	Marcelo Rivas Astroza
Departamento o dependencia académica	Biotecnología
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

Nombre de académico/a	Wladimir Silva Vera
Departamento o dependencia académica	Biotecnología
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática

#### C.4. ÁREAS DE DESARROLLO, LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O CREACIÓN<sup>7</sup>

Áreas, líneas de investigación, áreas de desarrollo o creación	Nombre profesores claustro/ núcleo que trabajan el área o línea	Nombre profesores colaboradores que trabajan el área o línea	Número de académicos relacionados
Modelamiento Dinámico en Biomatemática	Jorge González Camus, Fernando Huancas Suárez, Daniel Sepúlveda Oehninger, Francisco Vielma Leal, Fabio Lima Lopes	Ricardo Castro Santis, Miguel Montenegro Concha, Gustavo Ossandón Araya	Claustro/ núcleo: 5
			Colaborador: 3
			<b>Total: 8</b>
Modelamiento Estructural en Biomatemática	Manuel Arenas Carmona, Humberto Brito Santana, Tomás Veloz González, Marcelo Rivas Astroza, Wladimir Silva Vera, Fabio Lima Lopes	Carola Bahamondes, Roberto Landaeta Le fort	Claustro/ núcleo: 6
			Colaborador: 2
			<b>Total: 8</b>

#### D. APOYOS INSTITUCIONALES E INFRAESTRUCTURA

##### D.1. ESPACIOS FÍSICOS O VIRTUALES

El programa se dicta en la Facultad de Ciencias, Matemática y Medio Ambiente la cual está ubicada en el Campus Macul de la UTEM. Este cuenta con gimnasio techado, sala multiuso, multicancha, muro de escalada y plazoleta con césped y árboles. Adicionalmente, el Campus Macul cuenta con un casino equipado con microondas, cafetería y comedor a disposición de toda la comunidad universitaria. Este espacio facilita a los estudiantes el hacer efectivas sus becas de alimentación proveídas por JUNAEB. Para el esparcimiento de los estudiantes, en este campus el Servicio de Educación Física y Recreación de la Universidad facilita el desarrollo de un abanico de actividades deportivas. Estas se llevan a cabo en dependencias de la Universidad, o en espacios externos arrendados para la realización de las actividades como natación y hockey. Las distintas actividades cuentan con entrenadores, profesores de educación física y/o directores técnicos que los acompañan. Se puede señalar que el Campus Macul cuenta con gimnasio, sala multiuso, multicancha y muro de escalada. También se brinda apoyo logístico a estudiantes, para competencias de aniversarios de las distintas ramas y carreras para las olimpiadas interuniversitarias.

Los espacios físicos exclusivos del programa están principalmente a disposición del cuerpo académico, y consisten en oficinas personales y el uso de la sala de reuniones del Departamento. Además, existe acceso a la impresora central del Departamento de Matemática. En el caso de los/as estudiantes, estos cuentan con una sala equipada con pizarra, proyector, telón, impresora y cuatro computadores, la que también es de uso exclusivo para ellos/as, vale la pena mencionar que esta sala requiere mejoras como pintura, cortinas, aire acondicionado y actualización de los equipos computacionales.

Los espacios físicos compartidos se detallan a continuación:

<sup>7</sup> Indicar en la siguiente tabla las líneas de investigación, áreas de desarrollo o creación desarrolladas por el programa en el área, el nombre y el número de los académicos que sustentan cada una de ellas.

El Departamento de Matemática cuenta con un laboratorio computacional (26 estaciones de trabajo) para el desarrollo de actividades docentes específicas y por su parte, la Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente cuenta con una sala multimedia/conferencia de uso compartido, con capacidad de 30 personas habilitada con proyector (datashow), telón, pizarra, sistema de audio, computador, e internet.

La biblioteca “Ximena Sánchez Staforelli”, ubicada en el campus Macul, en su Zócalo cuenta con 3 salas de estudios, una sala de reuniones, una sala multipropósito y puestos de trabajos; mientras que en el primer piso dispone de 3 salas de estudio y puestos de trabajo, en el segundo piso dispone de puestos de trabajo y una sala con equipos computacionales destinada para actividades de búsqueda y recuperación (30 persona) y puestos de trabajo, finalmente en el tercer piso hay tres salas para memoristas y estudiantes de postgrado (8 personas cada una), y otra sala con equipos computacionales para 30 personas, además de puestos de trabajos. Las salas de lectura y estudio garantizan un espacio adecuado para estos objetivos.

Se dispone, para profesores y estudiantes, de laboratorios de especialidad tanto en la Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y el Medio Ambiente, como los del Edificio de Ciencia y Tecnología, todos operados y mantenidos por personal especializado y capacitado para ello. Todos ellos para el apoyo en el desarrollo de investigación y trabajos de tesis, en el área que compete al programa de Magíster en Biomatemática.

## **D.2. EQUIPAMIENTO INSTITUCIONAL**

La Biblioteca Campus Macul fundada en marzo de 1990, se encuentra emplazada al interior del campus del mismo nombre. La Biblioteca Campus Macul aumentó su superficie en un 71%, pasando de tener 1287 m<sup>2</sup> a 2200 m<sup>2</sup>. Dentro del período comprendido entre los años 2016 a junio del 2023, se ha avanzado en el incremento de superficie de las Salas de Estudio, pasando de 1194 m<sup>2</sup> a 1863 m<sup>2</sup>. Actualmente la Biblioteca del Campus Macul, dispone de 615 puestos de trabajos distribuidos entre el zócalo y el tercer piso.

El edificio de Ciencia y Tecnología cuenta con un Data Center que corresponde a un centro de almacenamiento, procesamiento, gestión y distribución de datos que cuenta con la infraestructura y condiciones necesarias para mantener numerosos equipos electrónicos utilizados en una red o un sistema de computadores, como servidores, ventiladores, conexiones y otros recursos, su superficie es de 16,12 m<sup>2</sup>.

## **D.3. CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DEL PROGRAMA**

### **D.3.1. SUSCRIPCIONES VIGENTES A REVISTAS ESPECIALIZADAS Y/O ACCESO VIRTUAL A PUBLICACIONES EN EL ÁREA DEL PROGRAMA**

Recursos de información

La Universidad Tecnológica Metropolitana, a través de su Sistema de Bibliotecas (SIBUTEM), cuenta con diversos recursos electrónicos para facilitar la labor de investigación de alumnos de postgrado y de los académicos de estos programas. Entre estos recursos destacan:

## Bases de datos

- IEEE/IET Electronic Library (IEL). Permite el acceso a más de 4.6 millones de documentos vitales de la actual tecnología. También posee contenido de alta calidad al Institution of Engineering and Technology (IET). Acceso a IEEE Journals, Transactions, Letters and Magazines (188 títulos anuales); IET Journals and Magazines (30 + títulos anuales) y IEEE Conference Proceedings (1.700 + títulos anuales).
- STATISTA. Portal líder en acceso a un millón de estadísticas, estudios de mercado, informes, dossiers y previsiones de diferentes áreas del conocimiento originadas del estudio de reconocidas empresas del mundo.
- UNWTO. La biblioteca virtual de la OMT es un servicio en línea de la Organización Mundial del Turismo (OMT) con una amplia cobertura del turismo y otras materias afines.
- Urkund. Sistema automático de similitud de texto que detecta y previene el plagio, independiente del idioma utilizado. Es una herramienta de apoyo para la educación enfocada en el antiplagio. URKUND detecta la similitud entre un documento (trabajo de tesis, investigación, informes y otros) y diversas fuentes de información disponibles a través de la red de Internet, como portales educativos, repositorios, publicaciones periódicas y libros disponibles en la web.
- Scopus. Es la mayor base de datos de resúmenes y citas de la literatura revisada por pares: revistas científicas, libros y publicaciones de conferencias en revistas indizadas. La entrega de una visión global de la producción mundial de investigación en los campos de la ciencia, la tecnología, la medicina, las ciencias sociales y artes y las humanidades, Scopus ofrece herramientas inteligentes para rastrear, analizar y visualizar la investigación.
- Web of Science. Es una base de datos referencial y recursos de análisis de la información que permiten evaluar y analizar el rendimiento de la investigación (valoración científica).
- JSTOR (Journal Storage Project). Base de datos virtual y multidisciplinaria que contiene publicaciones periódicas con fines académicos. Su objetivo es facilitar el acceso a la información retrospectiva de las revistas. Entre las áreas que abarca, destacan Biología, Bioingeniería, Ecología y Medioambiente, Matemáticas y Estadística, entre otras.

## Revistas digitales

- ACS Publications. American Chemical Society permite acceder a 42 títulos con artículos de última generación en un amplio espectro de disciplinas científicas. La amplitud y el alcance de las revistas ACS publicaciones se extiende a través de la química, la física y la biología.
- Annual Reviews. Entrega a los investigadores, docentes y profesionales un recurso académico que sintetiza la ingente cantidad de información primaria proveniente de la literatura científica e identifica las principales contribuciones en cada campo. Acceso a 44 series.
- Nature. Es una de las publicaciones científicas más apreciadas por la comunidad de investigadores debido al alto factor de impacto de sus artículos. Acceso a la versión semanal en línea de Nature Magazine y a sus 30 revistas asociadas.

- IOPscience. Servicio en línea para el contenido de la revista publicado por IOP Publishing. IOPscience abarca tecnologías innovadoras para facilitar a los investigadores el acceso a los contenidos científicos, técnicos y médicos.
- Oxford Journals. Publica las revistas de la más alta calidad, entregando sus investigaciones a la mayor cantidad de audiencia posible. Acceso a 306 revistas científicas.
- Science Direct Freedom Collection. Entrega acceso a texto completo a alrededor de mil 700 publicaciones periódicas en las áreas científica, médica y técnica pertenecientes al Grupo Elsevier.
- Science. Revista multidisciplinaria con el segundo mayor factor de impacto. Acceso a la versión semanal de Science Magazine.
- Virtual Pro. Publicación virtual académico-científica, indexada a nivel Latinoamericano. Presenta la información de una forma innovadora a través de documentos hipertexto, multimedia e interactivos que complementan el proceso de enseñanza-aprendizaje en diferentes programas académicos relacionados con Procesos Industriales.
- Springer Link. Abarca alrededor de mil 300 publicaciones periódicas. El rango disciplinario de la colección incluye ciencia, medicina y tecnología.
- Wiley Online Library. La colección Wiley-Blackwell ofrece más de tres millones de artículos incluidos en mil 400 revistas. Alrededor de la mitad de los títulos se publican en conjunto con asociaciones académicas y profesionales.

#### Gestores bibliográficos

- Mendeley. Es un Gestor Bibliográfico gratuito que ayuda a organizar fácilmente las investigaciones, buscar en la información en la biblioteca, anotar los documentos y citar a medida que se escribe.
- Zotero. Es un Gestor Bibliográfico gratuito y fácil de usar para ayudar a recolectar, organizar, citar y compartir las investigaciones. Esta herramienta de investigación detecta automáticamente el contenido en citas bibliográficas de las páginas web.

### D.3.2. LIBROS (TÍTULOS)

A continuación, se presentan los títulos especializados en el área de la biomatemática al que tienen acceso los estudiantes del programa.

	Título	Año	Autor	N° de Copias Disponibles
1	"A Course of Mathematical Biology"	2006	Gerda de Vries	1
2	"Elements of Mathematical Ecology"	2001	SIAM Kot, M.	1

3	"Stochastic Models in Biology"	2016	Goel, N.	1
4	" Evolutionary Games and Population Dynamic"	2002	Hofbauer, J.	1
5	Stability and Periodic Solution of Ordinary, Functional Differential Equations"	2005	Burton, T	1
6	"The Theory of Chemostat: Dynamic of the Microbial Competition"	1995	Smith, H.	1
7	"Mathematics of Biology"	2011	Iannelli, M.	1
8	"Nonlinear Ordinary Differential Equations"	2007	Jordan, D.	1
9	"Stochastic Process in Physics, Chemistry and Biology"	2000	Being, R.	1
10	"Stochastic Differential Equations"	2003	Oksendal, B.	2
11	"Stochastic Epidemic Models and their Statistical Analysis"	2000	Andersson, H.	1
12	"An Introduction to Mathematical Epidemiology Texts in Applied Mathematics"	2015	Martcheva, M.	1
13	"Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology"	2012	Brauer, F.	1
14	"Mathematical Tools for Understanding Infections Disease Dynamics."	2013	Diekmann, E.	1
15	"A Short History of Mathematical Population Dynamics"	2011	Bacaer, N.	2
16	"Difference Equation from	2005	Cull, P.	1

	Rabbits to Chaos"			
17	"Análisis Numérico"	2002	Burden, R.	6
18	"Métodos numéricos y Computación"	2011	Cheney, W.	1
19	"Introducción a R. Un entorno de programación para análisis de datos y G.	2000	González, A.	en línea
20	"Growth and Diffusion Phenomena"	1994	Banks, R.	1
21	"Mathematical Models for Design of Bioreactors	1990	Kawase, Y	en línea
22	"Metodología de la investigación"	2014	Hernández, R	8 en Biblioteca Campus Providencia y Biblioteca Central

### **D.3.3. LICENCIAS DE SOFTWARE**

Los softwares especializados disponibles para el programa son los siguientes:

Jupyter, RStudio, Texmaker, Overleaf, SageMath. Todos los softwares y/o bibliotecas, o servicios web de libre acceso.

Matlab: plataforma de programación y cálculo numérico utilizada por ingenieros y científicos para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos. La Universidad Tecnológica Metropolitana ha adquirido licencias de este software, las cuales estarán a disposición de los académicos y estudiantes del programa.

Los softwares de ofimática disponibles para el programa son:

Microsoft Office 365 (Licencia institucional permanente),

Plataformas MS Teams, Zoom, Canvas y Ouriginal (software que ayuda a detectar y prevenir el plagio independientemente del idioma).

### **D.3.4. PRESUPUESTO ANUAL PARA LA ACTUALIZACIÓN Y/O ADQUISICIÓN DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS Y EQUIPAMIENTO**

El presupuesto del Magíster en Biomatemática cuenta con un ítem de asignación básica para la actualización de recursos bibliográficos y está orientado a atender las necesidades específicas y adecuado funcionamiento de éste, lo cual se ve reflejado en partidas contables del presupuesto y cuyos valores responden a una estimación proyectada total de \$500.000 por año. Este monto contempla la adquisición de textos y revistas, los cuales debieran ser complementados con las inversiones que realiza la Universidad periódicamente a través de la Dirección de Bibliotecas (SIBUTEM).

A su vez, y en el ámbito de implementación de licencias de software para el apoyo al proceso formativo y como parte de la Gestión Académica y Administrativa del Programa, se destacan partidas contables de presupuesto por un monto de \$1.000.000 anual para la adquisición y/o renovación de licencias de software específicas propias para el desarrollo de las actividades curriculares.

### **D.4. BENEFICIOS Y AYUDAS ESTUDIANTILES**

La universidad y el programa de Magíster en Biomatemática, contempla becas y beneficios para las y los estudiantes seleccionados en los siguientes ámbitos: i) exención y descuentos de arancel; ii) manutención; iii) alimentación y; iv) ayudas para la asistencia a congresos de especialidad, pasantías y estancias breves. Los montos y asignación serán determinados por el Comité Académico, de acuerdo con la disponibilidad presupuestaria, según los métodos establecidos por la Dirección de Postgrado que pueden considerar concesión directa o concursable. Asimismo, el financiamiento podrá provenir de fondos de investigación dirigidos por las/los académicos del claustro o colaboradores.

Además, la Dirección de Desarrollo Estudiantil entrega herramientas complementarias a la formación académica, a fin de que las y los estudiantes puedan cursar sus estudios, en el marco de una experiencia de vida universitaria enriquecedora. Aquí destacamos que esta dirección es la encargada, entre otras cosas, de la Prestación de Servicios de Salud al Estudiante (aspectos preventivos y curativos) y el Desarrollo Integral del Estudiante (aspectos psicosociales, identitarios y vocacionales).

Entre los beneficios se encuentran: Licencia Ofimática de Office 365; correo institucional con capacidad de 1 TB; Tarjeta Nacional Estudiantil (según requisitos de ingreso percapita); acceso a Hub de Innovación (Cowork, Fab Corner, salas de reuniones y empresas asociadas); talleres de formación artística y ciudadana; Bolsa de Empleo; entre otros ya mencionados en infraestructura y capacidades institucionales.

#### **D.5. FINANCIAMIENTO PARA OTRAS ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS**

Además de las ya mencionadas en el punto D.4. no se han considerado otros financiamientos. Cualquier financiamiento adicional, serán debidamente informados.

### **E. VINCULACIÓN CON EL MEDIO**

#### **E.1. LINEAMIENTOS DE VINCULACIÓN CON EL MEDIO**

La propuesta de Vinculación con el Medio del programa se enmarca en el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2021-2025. De igual forma, se adscribe a las políticas generales de Vinculación con el Medio (VcM) de la universidad, especialmente aquellas orientadas al fortalecimiento de la oferta de postgrado respecto de su calidad y pertinencia.

En relación con el PDI 2021-2025 la principal orientación radica en la Misión declarada de “Contribuir al progreso de la sociedad y al desarrollo sustentable de la Región Metropolitana y del país, a través de la investigación, creación y transferencia del conocimiento y la formación integral de personas a lo largo de la vida, en el ámbito preferentemente tecnológico y con un fuerte sentido de responsabilidad social”. Lo anterior se refleja en la malla curricular del magíster, la que contempla el desarrollo de habilidades para modelar fenómenos relacionados a la salud, como epidemiología y biotecnología, así como sostenibilidad en ecología y uso óptimo de recursos, contribuyendo al desarrollo científico y la solución de problemas en el país. Adicionalmente, se contempla el desarrollo de habilidades comunicacionales y de trabajo colaborativo con miras a futuras instancias donde nuestros estudiantes apoyarán en la toma de decisiones informadas, tanto a autoridades como a iniciativas privadas.

Por su parte, en el Objetivo Estratégico de línea de Investigación y Postgrado se plantea el objetivo general 1.4. “Asegurar la calidad en la formación de pregrado, postgrado y formación continua resguardando la eficiencia y eficacia del proceso formativo”, siendo sus propósitos mejorar los resultados de los diferentes niveles, implementar el nuevo Modelo Educativo, en el cual se ha basado el diseño de este nuevo doctorado y, la Calidad de los programas formativos. Por otra parte, en el objetivo 1.5. “Posicionamiento de la universidad en el sistema de educación superior” y en el objetivo estratégico 2.2. de consolidar la I+D+i y mejorar sus impactos en los procesos formativos y las necesidades el medio, implicando levantar un proceso de “vinculación de la de la Investigación con la docencia de pre y postgrado” (Estrategia 2.2.3. PDI 2021-2025).

En este sentido, el Programa ha realizado una prospección del medio identificando las necesidades y oportunidades de posicionamiento de las líneas de investigación, justificando su pertinencia. Además, su perfil de grado se encuentra en proceso de validación con investigadores y académicos referentes, buscando analizar la coherencia de éste, para garantizar el posicionamiento de los nuevos graduados en el desarrollo de la ciencia nacional e internacional.

Así mismo, la política de Vinculación con el Medio de UTEM establece como propósito: “contribuir al desarrollo integral, equitativo y sustentable de las personas, instituciones y territorios del país” (Resolución N°2342 de 2013). Este objetivo se cumple a través de “una interacción significativa, permanente y de mutuo beneficio con los principales actores públicos, privados y sociales, de carácter horizontal y bidireccional”, al igual que se pretende “contribuir al sentido, enriquecimiento y retroalimentación de la calidad y pertinencia de las actividades de docencia e investigación de la institución relacionadas con su respectivo ámbito temático”.

En este contexto y con el objetivo de incorporar los requerimientos que señala la CNA en lo relativo al criterio de Vinculación con el Medio, se establecerán lineamientos y estrategias específicas para el

programa de Magíster en Biomatemática, las cuales serán elaboradas por el Comité Académico y la Dirección Postgrado, recibiendo orientaciones desde la Dirección de Investigación, en conjunto con la Vicerrectoría de Transferencia Tecnológica y Extensión y DANel, durante el primer año de implementación del programa rediseñado. De esta forma, se reconocerán y articularán: las directrices institucionales y comunicacionales; los componentes de internacionalización y vinculación efectiva con universidades, centros de investigación e instituciones públicas; se fomentará la difusión de la ciencia; el seguimiento de graduados; las pasantías y estancias de académicos/as y estudiantes, entre otros elementos.

Es importante señalar que la Universidad ha consolidado su gestión de Vinculación con el Medio en los últimos años, materializando diversos convenios con universidades e instituciones públicas y privadas, insertándose, además, en diferentes membresías y asociaciones. Específicamente, en relación con las líneas de investigación del magíster la institución posee, previamente a la innovación curricular del programa, convenios y colaboraciones ya formalizadas, que se detallan en el siguiente ítem. Estos convenios conformarán, en su conjunto, la base del diagnóstico y vinculación inicial para avanzar hacia un fortalecimiento progresivo sumado a la construcción de un mapa de actores claves nacionales e internacionales, junto al catastro de cooperaciones no formalizadas de las y los académicos.

El programa de Magíster compromete utilizar diferentes formas de divulgación científica para fomentar la visibilidad y aceptación del programa de estudio, cómo lo ha venido haciendo. Entre las más relevantes, podemos mencionar el desarrollo de los seminarios Mat-Bio UTEM que se realizan de manera mensual, el Workshop de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos, que se realiza en el mes de enero de cada año desde el año 2017, que atrae expositores influyentes de Chile y Latinoamérica. Ambas actividades están orientadas tanto a estudiantes de postgrado como a la comunidad científica, favoreciendo la ampliación de redes de trabajo, difusión y el posicionamiento del Magíster en Biomatemática y la Universidad.

## **E.2. CONVENIOS DEL PROGRAMA**

La Universidad posee actualmente vigentes convenios en áreas afines al programa de esta propuesta, a través de los cuales se podrá realizar actividades de vinculación. Los detalles de estos convenios se incluyen a continuación.

1. Convenio de Colaboración entre INRAD (Instituto Radio Oncológico) y UTEM, en los ámbitos de Investigación científica y aplicada, Desarrollo y Vinculación Social. Contenido en la Resolución Exenta 090 del 17 de enero de 2020.

En este convenio ambas instituciones se comprometen a “promover programas y proyectos de intercambios y colaboración que puedan ser de beneficio mutuo, cuyos objetivos principales sean la realización de esfuerzos conjuntos a través de la educación, la ciencia y la tecnología”, en las siguientes líneas estratégicas: “investigación aplicada, desarrollo y transferencia tecnológica en los ámbitos de la informática, computación, robótica y electrónica, biotecnología, ergonomía adaptativa y confort para la calidad de los procesos, elementos requeridos en los tratamientos y, sobre todo, en la calidad de vida que deben tener los pacientes que requieren tratamientos y soluciones tecnológicas”.

2. Convenio de Colaboración suscrito entre la Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento A.G. (ACERA) y la UTEM, en las áreas de colaboración y de difusión de actividades académicas de interés para sus asociados. Contenido en la Resolución Exenta 03776 del 04 de noviembre de 2021.

El objetivo del presente convenio es la colaboración para desarrollar iniciativas, difusión mutua, y/u otros temas de interés en beneficio de ambas partes, todo en el marco de los compromisos que se describen en el documento.

3. La UTEM forma parte de la Unión de Universidades de América Latina y El Caribe, UDUAL, organización que tiene como propósito establecer lazos de cooperación entre los países integrantes.

En este contexto, su finalidad es fortalecer el intercambio académico, la movilidad, el reconocimiento y transferencia de créditos, así como el fortalecimiento de los procesos de evaluación y aseguramiento de la calidad. En la actualidad, cuenta con más de 200 universidades afiliadas, en 22 países de América Latina.

4. La UTEM se encuentra asociada a la Red Universitaria Nacional, REUNA, que corresponde a una Corporación sin fines de lucro integrada por universidades, centros de investigación de excelencia y grupos astronómicos internacionales. Es la Red Nacional de Investigación y Educación de Chile (NREN por su sigla en inglés) y actualmente, está conformada por más de 45 instituciones.

La red digital de REUNA se extiende a lo largo de 14 regiones, desde Arica a Coyhaique, y aspira a sumar a todas las regiones del país. Además, se encuentra interconectada a sus pares Internacionales: en América Latina (RedCLARA), América del Norte (Internet2 y Canarie), Europa (GÉANT), Asia (APAN) y Oceanía (AARNET).

5. Durante el primer semestre del 2023 el programa junto al Departamento de Matemática de la UTEM ha iniciado la gestión de un convenio con la Universidad Católica del Maule.

6. Durante el segundo semestre de 2023 el académico de programa Tomas Veloz ha sostenido conversaciones para la formalización de convenios con las siguientes instituciones: Hogeschool Utrecht (Holanda), Vrije Universiteit Brussel (Bélgica), University of the Philippines Diliman (Filipinas), y Hochschule Düsseldorf (Alemania). Cada uno de estos convenios permitirá el intercambio de estudiantes y/o docentes, la co-dictación de seminarios, y la co-formulación de proyectos con miras al desarrollo de tesis y publicaciones conjuntas.

## **F. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE POSTGRADO**

### **F.1. MECANISMO DE SEGUIMIENTO A GRADUADOS**

El proceso de seguimiento de los y las graduadas, se encontrará a cargo de la unidad respectiva de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, cautelando un registro actualizado durante su desarrollo, así como también, en proceso de graduación de cada estudiante. Lo anterior incorpora, más allá de la información personal, una base de datos que permita obtener las referencias e identificación del lugar de desempeño y proyecto de graduación realizado para la obtención del grado, entre otros.

Para lo anterior, el Programa proyecta utilizar las herramientas institucionales que realizan el seguimiento de egresados y titulados de pregrado, pudiendo extender su quehacer a prestaciones de egresados de postgrado. De acuerdo con lo anterior, se presenta a continuación los mecanismos de información disponibles:

a) Red de Egresados y Titulados de la UTEM (RET UTEM), cuyo objetivo es mejorar el proceso de vinculación con egresados/as y titulados/as, desarrollando redes de comunicación y retroalimentación. A través de RET UTEM, los/as graduados/as UTEM podrán:

- Acceder a información relacionada con educación continua y descuentos en cursos, diplomados, postítulos y postgrados, y actividades culturales y noticias de interés.

- Obtener descuentos especiales en la oferta académica de educación continua UTEM, editorial y actividades culturales internas y externas a la institución.
- Postular a programas de empleos.
- Ofrecer empleos a ex estudiantes UTEM.
- Crear redes de interés con otros y otras integrantes de RET.
- Participar en actividades de colaboración entre la UTEM y ex estudiantes UTEM.

Cabe señalar que, desde mayo 2015, la RET-UTEM integra la Red de Unidades de Egresados, Graduados y Titulados de las universidades pertenecientes al Consorcio de Universidades del Estado de Chile, REGRAT CUECH.

b) Sistema de Monitoreo de Estudiantes y Titulados (SMET UTEM), corresponde al proceso de seguimiento de las cohortes de estudiantes durante distintas etapas de la trayectoria estudiantil, así como también, durante el proceso de inserción temprana al mercado laboral de sus titulados y tituladas, así mismo, de sus graduados y graduadas. Este sistema realiza un seguimiento, mediante la implementación de un conjunto de herramientas y estrategias de recolección de información, con el cual se busca monitorear la evolución relacionada a la experiencia académica y laboral, recogiendo las percepciones (personales, institucionales y psicosociales) en la medida que avanzan en sus trayectorias.

A su vez, y como parte del proceso de aseguramiento de la calidad del programa, se desarrollarán mecanismos que permitan contar con insumos de evaluación y monitoreo. Para ello se implementarán herramientas de comunicación e información eficientes y que favorezcan la interconexión graduados-universidad, y le permita a la institución conocer la situación profesional de sus graduados y graduadas, y el nivel de satisfacción sobre las competencias desarrolladas durante su permanencia en el programa.

A partir de los resultados de estas acciones se diseñarán estrategias dirigidas a:

- Mejorar el currículo garantizando la pertinencia del programa.
- Mejorar la prestación de servicios.
- Disponer de mecanismos iterables para la generación de las evidencias necesarias para una gestión más eficiente, eficaz y efectiva.
- Innovar en la gestión administrativa docente como beneficio al mejoramiento de la calidad.
- Fortalecer el acompañamiento formativo de los y las estudiantes.

## F.2. ESTRATEGIAS DE AUTOEVALUACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PROGRAMA

Para asegurar la calidad del magíster y de todos los procesos formativos, la organización interna de la Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM) se rige por un trabajo coordinado entre la Dirección de la Escuela de Postgrado (DEP) de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado (VRIP) y la Dirección de Aseguramiento de la Calidad de Pre y Postgrado (DAC) de la vicerrectoría Académica (VRAC). Ambas unidades cuentan con los recursos idóneos que garantizan su operación.

El aseguramiento de la calidad del pre y postgrado tiene relación con todos los procesos asociados al monitoreo del Modelo Educativo (ME) (RES 0836/2023). Al respecto, el ME señala la importancia de monitorear y evaluar sistemáticamente el desarrollo del currículo y el impacto en la calidad de los aprendizajes de los y las estudiantes, para lo cual considera:

- Aseguramiento de la calidad del desarrollo del currículo de formación. Está asociado al grado de implementación del ME en los componentes macro y micro del currículo de carreras y programas de pre y postgrado y, en este contexto, a la evaluación del propio modelo y su efectividad como mecanismo de orientación y control estratégico del proceso formativo. El aseguramiento de la calidad está centrado aquí en los logros de los resultados de aprendizaje, organizados en el perfil de egreso basado en competencias, que, además, considera el desarrollo de las competencias genéricas de modo integrado y con flexibilidad curricular; para lo cual se priorizan: los procesos relacionados con el diseño y actualización del currículo, la gestión curricular, la implementación del currículo en aula y la evaluación de los resultados de aprendizaje.
- Aseguramiento de la calidad de la docencia. Considera dos elementos principales: un Perfil Docente Institucional, que defina las competencias requeridas por un docente UTEM para la práctica de excelencia de su profesión o rol como docente universitario/a y un Marco para una Docencia de Calidad (MDC – UTEM). El Perfil docente representa un constructo que compendia las capacidades mínimas con que debiera contar un docente para ejercer la docencia universitaria. El MDC es, por su parte, un mecanismo explícito de aseguramiento de la calidad. Supone que la buena enseñanza es un componente clave de la calidad del proceso formativo. Además, considera la medición de la satisfacción del egresado y la visión de los empleadores, como una visión externa de la calidad del proceso formativo.
- Calidad de los Soportes Institucionales del Proceso Formativo. Entre las múltiples posibilidades de diseño de este componente de aseguramiento de la calidad se priorizan aquellos soportes que derivan de la consideración de cuatro ámbitos, los cuales se consideran necesarios de monitorear y evaluar de manera periódica, ya que deben permitir realizar oportunamente los ajustes y mejoras requeridas para mantener los criterios y estándares de calidad. Estos ámbitos, y los procesos, se asocian a:
  - Gestión de procesos clave de soporte a la formación de los estudiantes: admisión y matrícula, programación docente, inscripción de carga académica, registro de historial estudiantil, certificación de avance curricular, títulos y grados, servicios financieros y servicios de apoyo integral.
  - Gestión de espacios y recursos para el aprendizaje: diseño y mantención de espacios y recursos para el aprendizaje, administración de espacios y recursos para el aprendizaje en aula, servicios de biblioteca y gestión de la información.
  - Gestión de espacios y recursos virtuales para el aprendizaje: capacitación docente y desarrollo de innovación a través de tic, producción de recursos virtuales de aprendizaje, y mantención de plataformas.
  - Gestión de acciones de mejora para los soportes: auditorías de procesos, medición de satisfacción de usuarios, capacitación del personal de apoyo, actualización de normas, instructivos y protocolos.

A partir de lo anterior, se define el Sistema de Aseguramiento de la Calidad del Pre y Postgrado - dependiente de la Dirección de Aseguramiento de la Calidad de Pre y Postgrado-, como el conjunto de

principios, políticas, procedimientos, mecanismos e instrumentos diseñados y utilizados para la mejora continua de los aprendizajes de los estudiantes. Todos ellos conforman procesos y mecanismos institucionales periódicos y sistemáticos de monitoreo, evaluación y mejoramiento de la calidad de la formación desarrollada por las carreras y programas de postgrado.

Junto a ello, como propósito fundamental del Sistema se señala el “Instalar en la institución un ciclo continuo de incremento de la calidad a partir de: (i) el registro de evidencias en cada uno de los componentes y procesos formativos, (ii) la verificación/evaluación del desempeño de cada componente y proceso formativo, (iii) la propuesta de estrategias y acciones de ajustes o mejoras, cuando corresponda, y el desarrollo de prácticas de monitoreo que den garantía de la efectividad de aquéllas”.

Para hacer efectivo este propósito, la DAC define mecanismos sistemáticos para el aseguramiento de la calidad de los procesos formativos de pre y postgrado como:

- Autoevaluación y acreditación: Seguimiento del grado de cumplimiento de criterios y estándares de calidad establecidos por el Sistema Nacional de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, de manera de asegurar servicios académicos de excelencia y acreditables.
- Assessment: Autoevaluación periódica, basada en la reflexión metódica y el análisis de diferentes criterios e indicadores, establecidos por la universidad, que facilitan a la carrera o programa de postgrado emitir juicios sobre la calidad de su gestión, detectar componentes de mejora e implementar acciones remediales.
- Medición de la calidad del proceso formativo y gestión de la información: Evaluación de la calidad de los procesos a través de evaluaciones de percepción de la pertinencia y efectividad de la formación y de los servicios internos que concurren en la formación profesional y de grado.

Adicionalmente, la DAC dispone de mecanismos que sirven a propósitos particulares de carreras y programas, entre los que se encuentran:

- Auditoría académica: Examen de la veracidad y credibilidad de los procesos internos establecidos para verificar el logro de los objetivos de los proyectos de desarrollo de carreras y programas de postgrado.
- Observatorio profesional: Desarrollo de estudios prospectivos respecto de la evolución de la demanda y oferta de las profesiones, ocupaciones y perfiles en el mercado de trabajo, e interpretación de datos para la formulación de ajustes al Marco Interno de Cualificaciones (MIC).
- Benchmarking académico: Mejora de la calidad de los procesos formativos a partir del establecimiento de objetivos de desempeño basados en la comparación con otras instituciones y la contextualización de las mejores prácticas existentes en ellas.

Sobre esta base, el Magíster en Biomatemática, con el apoyo de la Dirección de Escuela de Postgrado, se propone generar el Proyecto de Desarrollo una vez se encuentre rediseñado. Asimismo, se propone realizar los Assessment y la evaluación del desarrollo del programa con periodicidad semestral. Además, el programa mediante su coordinación académica y utilizando los mecanismos de evaluación implementados, deberá evaluar la validez y necesidad de actualización de la oferta de asignaturas electivas. Finalmente, el programa evaluará la posibilidad de certificarse durante el primer año de dictación después de rediseñado.



## ANEXO MATRIZ DE COHERENCIA CURRICULAR POSTGRADO<sup>8</sup>

Dominios	Competencias	Resultados de aprendizaje	Asignaturas
Matemático y Computacional.	1.1 Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.	1.1.1 Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de modelos matemáticos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.	MAT1, MAT2, MAT3, MOD2, MOD3, ELE EDR, ELE TOQ, ELE ARG, ELE AFA, ELE EDPA, ELE EDD, ELE MNAA, ELE MEEI, ELE TSG, ELE FD.
		1.1.2 Comunicar efectivamente propiedades de los modelos, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.	MAT1, MAT2, MAT3, MOD2, MOD3, ELE EDR, ELE TOQ, ELE ARG, ELE AFA, ELE EDPA, ELE EDD, ELE MNAA, ELE MEEI, ELE TSG, TES2, TES3, ELE F.
	1.2 Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	1.2.1 Construye scripts de prueba, utilizando diversos lenguajes de programación, aplicando conceptos matemáticos avanzados, para establecer relaciones entre los comportamientos de sistemas biológicos.	MAT3, MOD2, MOD4, ELE EDR, ELE TOQ, ELE MNAA, ELE MEEI.
		1.2.2. Construye scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para generar simulaciones numéricas y gráficos, de modelos del comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	MAT3, MOD2, MOD3, MOD4, ELE TOQ, ELE MNAA, ELE MEEI, ELE EDR.

<sup>8</sup> Este anexo es de carácter obligatorio y se desarrolla durante el diseño curricular del programa.

		1.2.3 Construye scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para resolver problemas complejos, mediante la predicción y estimación del comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	MAT3, MOD4, TES3, ELE TOQ.
Desempeño profesional y científico.	2.1 Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.	2.1.1 Formular hipótesis fundamentadas en teorías científicas y seleccionar las variables relevantes en la construcción de modelos matemáticos, para abordar problemas específicos de la matemática aplicada.	MOD1, MOD2, MOD3, TES1, TES2, TES3.
		2.1.2 Criticar modelos matemáticos en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada, para establecer su validez en el contexto del modelamiento matemático.	MOD1, MOD2, MOD3, TES2, MOD4, TES3.
		2.1.3 Tomar decisiones a partir de la información obtenida, mediante herramientas matemáticas pertinentes, de los modelos matemáticos, datos cuantitativos y cualitativos, de manera fundamentada.	MOD1, MOD2, MOD3, TES1, TES2, MOD4, TES3.
		2.1.4 Argumentar y comunicar, de manera crítica y fundamentada, la problemática, la metodología y los resultados obtenidos a partir de los modelos matemáticos.	MOD1,MOD2, MOD3, TES2, MOD4, TES3.

	2.2 Integrar equipos de trabajo de investigación, desarrollo e innovación aportando su conocimiento en biomatemática para alcanzar, de manera eficiente, el logro de objetivos del proyecto.	2.2.1 Colaborar con sus pares demostrando preparación y estando bien informado para formular un problema de investigación innovador en biomatemática, integrando equipos de trabajo, que se comuniquen de manera respetuosa, compartiendo y asumiendo responsabilidades, para diseñar un proyecto de investigación.	MOD1, TES1, TES2, TES3.
		2.2.2 Colaborar con sus pares para abordar de manera colectiva problemas complejos del ámbito de la biomatemática, distribuyendo tareas, cumpliendo plazos y generando oportunidades para la mejora continua y el logro de objetivos comunes.	MOD1, TES2, TES3.
		2.2.3 Reconocer y respetar conclusiones sobre la evaluación del logro de los objetivos de un proyecto de investigación, considerando válidas las opiniones de los miembros del equipo, en el contexto de proyectos innovadores relacionados con la biomatemática.	TES2, TES3, MOD 1.
		2.2.4 Mejorar la autonomía, eficiencia y proactividad del equipo de trabajo, de manera sistemática y continua, en relación con el logro de objetivos comunes de investigación, en el desarrollo de proyectos innovadores de biomatemática.	TES1, TES2, TES3.

## **ANEXO FORMATO DE PROGRAMAS DE ASIGNATURAS**

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Introducción a la Biomatemática				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	4				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	4
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura Introducción a la Biomatemática tiene como objetivo "Explicar diferentes teorías científicas sobre modelos matemáticos creados por investigadores pioneros en el área de la biomatemática, comprendiendo las problemáticas abordadas por ellos, pudiendo expresar, en colaboración con sus compañeros, conclusiones a partir de los modelos y los datos trabajados por estos autores."

Con este curso se pretende desarrollar las competencias matemáticas mediante el estudio del planteamiento de hipótesis de diferentes científicos referentes a los modelos poblacionales, de epidemias, genéticos y otros modelos, respecto a las decisiones que han tomado en torno a la generación de modelos matemáticos, a partir de datos cuantitativos y cualitativos, entendiendo su fundamentación. Por otra parte, desarrollar y fortalecer el trabajo colaborativo entre pares, a través del análisis y discusión efectiva, reconociendo y respetando las ideas de otros.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias, se orientará la asignatura, al aprendizaje basado en problemas, la profundización sobre el estudio de diferentes teorías científicas, generando espacios de discusión, en un contexto colaborativo.

Esta asignatura tributa a las líneas de Modelamiento Estructural en Biomatemática y Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.

- Integrar equipos de trabajo de investigación, desarrollo e innovación aportando su conocimiento en biomatemática para alcanzar, de manera eficiente, el logro de objetivos del proyecto.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Formular hipótesis fundamentadas en teorías científicas de modelos en el ámbito de la biomatemática y seleccionar las variables relevantes en la construcción de modelos matemáticos, para abordar problemas específicos de la matemática aplicada.	Explicar la génesis y las proyecciones futuras de modelos poblacionales, de epidemias, genéticos y otros modelos, relacionados al modelamiento dinámico y estructural, en el ámbito de la biomatemática, y su relación con problemas específicos de la matemática aplicada.	Unidad 1: Introducción al Modelamiento. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Fenómenos, Datos y Modelamiento.</li> <li>● Variables e interacciones relevantes, eligiendo el tipo de modelo</li> <li>● Solución analítica versus simulación de un modelo</li> <li>● Interpretación de resultados.</li> </ul>
Criticar modelos matemáticos, en el ámbito de la biomatemática, en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada, para establecer su validez en el contexto del modelamiento matemático.	Explicar diferentes modelos poblacionales, de epidemias, genéticos y otros modelos, validados previamente en diferentes principios de la matemática aplicada, reflexionando críticamente acerca de sus alcances.	Unidad 2: Modelos Poblacionales. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Tablas de vida de Haley</li> <li>● Crecimiento exponencial de Euler.</li> <li>● Problema de Malthus</li> <li>● Verlhust y la Ecuación logística</li> </ul>
Tomar decisiones a partir de la información obtenida, mediante herramientas matemáticas pertinentes, de los modelos en el ámbito de la biomatemática, de epidemias, genéticos y otros modelos, datos cuantitativos y cualitativos, de manera fundamentada.	Interpretar las decisiones tomadas en la generación de modelos poblacionales, de epidemias, genéticos y otros modelos, creados por diferentes investigadores, en el ámbito de la matemática aplicada, a partir de datos cuantitativos y cualitativos, entendiendo su fundamentación.	Unidad 3: Modelos de epidemias. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelo de Bernoulli y D’alambert para inoculación de la Viruela.</li> <li>● Ross y la malaria.</li> <li>● McKendric y Kermac en modelos de epidemias.</li> </ul>
Argumentar y comunicar, de manera crítica y fundamentada, la problemática, la metodología y los resultados obtenidos a partir de los modelos en el ámbito de la biomatemática.	Identificar y explicar problemáticas relacionadas a los modelos poblacionales, de epidemias, genéticos y otros modelos, abordadas por diferentes investigadores, en el contexto de la matemática aplicada, comprendiendo la metodología utilizada en las estrategias propuestas para su solución.	Unidad 4: Modelos genéticos. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Mendel y las leyes de herencia.</li> <li>● La ley de Hardy-Weinberg.</li> <li>● Fisher y la selección natural.</li> <li>● Yule y la evolución.</li> <li>● Haldane y las mutaciones.</li> </ul>
Colaborar con sus pares demostrando preparación y estando bien informado para formular un problema de investigación innovador en biomatemática, integrando	Discutir con pares, de manera respetuosa, acerca de la formulación de problemas sobre modelos poblacionales, de epidemias, genéticos y otros modelos, planteados por diferentes	

equipos de trabajo, que se comuniquen de manera respetuosa, compartiendo y asumiendo responsabilidades, para diseñar un proyecto de investigación.	investigadores en Biomatemática, integrando equipos de trabajo, compartiendo y asumiendo responsabilidades.	<p>Unidad 5a: Otros Modelos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelo depredador-presa de Lotka-Volterra</li> <li>● Matrices de Leslie.</li> <li>● Bienaymé, Cournot y extinción de Nombres familiares.</li> <li>● Algunos problemas contemporáneos.</li> </ul> <p>Unidad 5b: Modelos bioquímicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Dogma central de la biología molecular</li> <li>● Redes bioquímicas</li> <li>● Leyes cinéticas y dinámica</li> <li>● Estabilidad, fitness y evolución</li> </ul>
Colaborar con sus pares para abordar de manera colectiva problemas complejos del ámbito de la biomatemática, distribuyendo tareas, cumpliendo plazos y generando oportunidades para la mejora continua y el logro de objetivos comunes.	Explicar, de manera colectiva, teorías sobre modelos poblacionales, de epidemias, genéticos y otros modelos, metodologías y/o resultados obtenidos por otros investigadores del ámbito de la Biomatemática, orientándose al logro de objetivos del colectivo.	
Reconocer y respetar conclusiones sobre la evaluación del logro de los objetivos de un proyecto de investigación en el ámbito de la biomatemática, considerando válidas las opiniones de los miembros del equipo, en el contexto de proyectos innovadores relacionados con la biomatemática.	Respetar y valorar las opiniones de los miembros del equipo al seleccionar metodologías y/o resultados obtenidos por otros investigadores del ámbito de la Biomatemática, sobre modelos poblacionales, de epidemias, genéticos y otros modelos, para realizar conexiones entre ellas.	
Mejorar la autonomía, eficiencia y proactividad del equipo de trabajo, de manera sistemática y continua, en relación con el logro de objetivos comunes de investigación, en el desarrollo de proyectos innovadores de biomatemática.	Planificar colaborativamente la estructura de un proyecto de investigación innovador, en el ámbito de la biomatemática, mediante discusiones efectivas y la expresión de ideas de manera clara y proactiva, basadas en modelos poblacionales, de epidemias, genéticos y otros modelos.	

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

Estudio y explicación de textos, generando espacios para discusión y análisis de los trabajos expuestos.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

- Pruebas o exámenes escritos de evaluación integral del conocimiento. (50%)
- Realización de talleres y seminarios. (50%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Bacäer, N. (2011). *A Short History of mathematical population dynamics*. Springer-Verlag London Limited.

### **Complementaria**

Cull, P. Flahive, M. Robson, R. (2005). *Difference equations: from Rabbits to Chaos*. Springer Science+Business Media, Inc.

Rosenfeld, S. (2011). *Mathematical descriptions of biochemical networks: stability, stochasticity, evolution*. *Progress in biophysics and molecular biology*, 106(2), 400-409.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias tiene como objetivo "Explicar, de manera simbólica, la validez de teoremas y propiedades de la teoría cualitativa de ecuaciones diferenciales ordinarias y aplicarlos a la resolución de problemas de la matemática aplicada, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia matemática mediante el estudio de diagonalización y bloques de Jordan de matrices, ecuaciones autónomas de primer orden y teoría local de ecuaciones diferenciales ordinarias, mediante la comprobación de reglas y propiedades, para aportar al conocimiento de la matemática aplicada en el ámbito de la biomatemática.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas, la profundización sobre el estudio de diferentes propiedades de la teoría de ecuaciones diferenciales ordinarias, desarrollando una correcta escritura simbólica acorde a los estándares de la redacción científica.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de modelos matemáticos de ecuaciones diferenciales ordinarias, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.</p>	<p>Comparar argumentos involucrados en la demostración de propiedades de diagonalización y bloques de Jordan de matrices, ecuaciones autónomas de primer orden y teoría local de ecuaciones diferenciales ordinarias y su contribución al conocimiento.</p>	<p>Unidad 1: Diagonalización y Bloques de Jordan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Valores y vectores propios. Multiplicidad algebraica y geométrica.</li> <li>● Diagonalización de matrices.</li> <li>● Construcción de bloques de Jordan.</li> <li>● Exponencial de una matriz.</li> </ul>
<p>Comunicar efectivamente propiedades de los modelos de ecuaciones diferenciales ordinarias, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p>	<p>Comprobar reglas y propiedades de diagonalización y bloques de Jordan de matrices, ecuaciones autónomas de primer orden y teoría local de ecuaciones diferenciales ordinarias, utilizando lenguaje simbólico, de diferentes demostraciones disponibles en artículos científicos de modelamiento matemático.</p>	<p>Unidad 2: Introducción a las ecuaciones autónomas de primer orden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Obtención de solución explícita de sistemas de E.D.O.</li> <li>● Análisis cualitativo de E.D.O de primer orden desacoplados.</li> <li>● Análisis cualitativo de E.D.O de primer orden acoplados.</li> </ul> <p>Unidad 3: Teoría Local de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Condición de Lipschitz y localmente Lipschitz.</li> <li>● Método iterativo de Picard.</li> <li>● Teorema fundamental de existencia y unicidad de solución.</li> <li>● Intervalo maximal de solución.</li> <li>● Flujo definido por una E.D.O.</li> <li>● Teorema de linealización de Hartman- Grobman.</li> <li>● Teoría de estabilidad y funciones de Liapunov.</li> <li>● Sistemas gradientes y hamiltonianos.</li> </ul>

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Pruebas escritas. (75%)

Redacción de informes de investigación. (25%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Perko, L. (2013). *Differential equations and dynamical systems* (Vol. 7). Springer Science & Business Media.

Sotomayor, J. (1979). *Lições de Equações Diferenciais Ordinárias*. Projeto Euclides-IMPA. Brasil.

### **Complementaria:**

Novo, S., Obaya, R., Rojo, J. (1995). *Ecuaciones y sistemas diferenciales*. Editorial McGraw-Hill, Madrid.

Coddington, E., Levinson, N. (1984). *Theory of Ordinary Differential Equations*. UK ed. edition.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Probabilidad y Procesos Estocásticos				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura Probabilidad y Procesos Estocásticos tiene como objetivo "Explicar, de manera simbólica, la validez de teoremas y propiedades de los espacios de probabilidad y los procesos estocásticos y aplicarlos a la resolución de problemas de la matemática aplicada, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia matemática mediante el estudio de los espacios de probabilidad, los espacios y vectores aleatorios, los procesos estocásticos, las cadenas de Markov y el movimiento Browniano, mediante la comprobación de reglas y propiedades, para aportar al conocimiento de la matemática aplicada en el ámbito de la biomatemática.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas, la profundización sobre el estudio de diferentes propiedades de la probabilidad y los procesos estocásticos, desarrollando una correcta escritura simbólica acorde a los estándares de la redacción científica.

Esta asignatura tributa a las líneas de Modelamiento Estructural en Biomatemática y Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de modelos matemáticos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.</p>	<p>Comparar argumentos involucrados en la demostración de propiedades de espacios de probabilidad, variables aleatorias, vectores aleatorios, procesos estocásticos, cadenas de Markov y movimiento Browniano para contribuir al conocimiento en biomatemática.</p>	<p>Unidad 1: Espacios de Probabilidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <math>\sigma</math>-álgebra.</li> <li>● Medida de probabilidad.</li> <li>● Independencia.</li> </ul> <p>Unidad 2: Variables Aleatorias.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Variables aleatorias y función de distribución.</li> <li>● Distribuciones discretas y continuas.</li> </ul>
<p>Comunicar efectivamente propiedades de los modelos, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p>	<p>Comprobar reglas y propiedades de espacios de probabilidad, variables aleatorias, vectores aleatorios, procesos estocásticos, cadenas de Markov y movimiento Browniano, utilizando lenguaje simbólico, de diferentes demostraciones disponibles en artículos científicos de modelamiento matemático.</p>	<p>Unidad 3: Vector Aleatorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Vector aleatorio.</li> <li>● Distribución y densidad conjunta.</li> <li>● Distribución marginal y condicional.</li> </ul> <p>Unidad 4: Procesos Estocásticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Definición.</li> <li>● Procesos a tiempo discreto.</li> <li>● Procesos a tiempo continuo.</li> </ul> <p>Unidad 5: Cadenas de Markov.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Matriz de transición y clasificación de estados.</li> <li>● Forma canónica y clasificación de Cadenas.</li> <li>● Distribuciones límite y estacionarias.</li> </ul> <p>Unidad 6: Movimiento Browniano.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Núcleo de transición y Propiedades trayectoriales.</li> <li>● Movimiento Browniano multidimensional.</li> </ul>

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Pruebas escritas. (75%)

Redacción de informes de investigación. (25%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Grimmett, G., Stirzaker, D. (2020). *Probability and random processes*. Fourth edition. Oxford University Press.

Allen, L. J. S. (2010). *An introduction to stochastic processes with applications to biology*. Second edition. Chapman & Hall/ CRC Press.

### **Complementaria:**

Øksendal, B. (2003). *Stochastic differential equations: An introduction with Applications*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Ross, S. M. (2023). *Introduction to probability models*. 13th edition. Academic Press.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Métodos Numéricos y Programación				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura Métodos Numéricos y Programación tiene como objetivo "Resolver problemas aplicando métodos numéricos y programación, para aproximar soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias, mediante la demostración de propiedades y el uso de librerías computacionales para realizar simulaciones numéricas, en el ámbito de la biomatemática."

Con este curso se pretende desarrollar las competencias matemáticas, mediante la aplicación de métodos numéricos y programación, utilizando la demostración de propiedades en la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias, sistemas no lineales, estimando parámetros mediante el pensamiento computacional orientado al campo de la biomatemática, para aportar conocimiento en los ámbitos de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales, el estudio de métodos numéricos y programación. Esta asignatura tributa a las líneas de Modelamiento Estructural en Biomatemática y Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.
- Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante métodos numéricos y de programación a la demostración de propiedades de modelos matemáticos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.	Comparar argumentos involucrados en la demostración de propiedades de modelos matemáticos mediante métodos numéricos y de programación y su contribución al conocimiento.	Unidad 1: Introducción a los métodos numéricos <ul style="list-style-type: none"> <li>● Resolver ecuaciones y sistemas de ecuaciones no lineales.</li> <li>● Ajuste de curvas mediante polinomios y trazadores cúbicos.</li> <li>● Derivación e integración numérica.</li> <li>● Sistemas de ecuaciones lineales.</li> <li>● Normas matriciales.</li> <li>● Determinación de valores y vectores propios.</li> <li>● Descomposición PALU. Diagonalización de matrices</li> <li>● Métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales con valor inicial y valores en la frontera.</li> </ul>
Comunicar efectivamente propiedades de los modelos matemáticos, mediante métodos numéricos y de programación, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.	Comprobar reglas y propiedades de los métodos numéricos, utilizando lenguaje simbólico, de diferentes demostraciones disponibles en artículos científicos de modelamiento matemático.	
Construir scripts de prueba, utilizando diversos lenguajes de programación, aplicando conceptos matemáticos avanzados, para establecer relaciones entre los comportamientos de sistemas biológicos.	Describir el funcionamiento de librerías computacionales, de diversos lenguajes de programación y utilización de bases de datos, que involucran conceptos matemáticos avanzados de métodos numéricos y de programación.	Unidad 2: Introducción a la Programación. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Asignación de variables, tipo de variables, objetos, vectores, listas.</li> <li>● Generación de secuencias. Operadores y funciones. Arreglos y matrices. Operaciones con arreglos y matrices. Gráficas. Tipos de gráficas. Librerías gráficas.</li> <li>● Tipo de bucles. Uso de bucles. Anidación de bucles.</li> <li>● Control de ejecución. Vectorización de programas.</li> <li>● Generación de funciones.</li> </ul>
Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para generar simulaciones numéricas y gráficos de modelos del comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	Relacionar la representación del comportamiento de sistemas biológicos, en scripts en código de programación con su representación simbólica de los métodos numéricos.	
Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para resolver	Reconocer las restricciones de un script para el análisis crítico de modelos matemáticos de	

<p>problemas complejos, mediante la predicción y estimación del comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.</p>	<p>sistemas biológicos, en el ámbito de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país,</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Uso de librerías. Bases de datos. Uso de base de datos. Convertir bases de datos entre formatos. Importación y exportación de base de datos.</li> <li>● Interfaces entre programas.</li> </ul> <p>Unidad 3: Métodos numéricos aplicados a la estimación de parámetros.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Método de mínimos cuadrados.</li> <li>● Método del máximo descenso.</li> <li>● Gauss Newton y Levenberg Marquardt.</li> </ul>
---	--	--

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales, como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Redacción de informes de investigación que incluyan scripts. (25%)

Presentación oral de informes de investigación. (50%)

Presentación de artículos científicos relevantes. (25%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### Básica:

Bates, D. (1988). *Nonlinear regression analysis and its applications*. Wiley Series in Probability and Statistics.

Cheney, W., Kincaid, D. (2011). *Métodos Numéricos y Computación*. Ed. Cengage.

**Complementaria:**

González, A., González, S. (2000). *Introducción a R. Un entorno de programación para análisis de datos y gráficos*. Madrid, R Development Core Team.

Banks, R. (1994). *Growth and diffusion Phenomena. Mathematical Frameworks and Applications*. USA. Springer Verlag.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Proyecto de Tesis				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	4				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	4
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura tiene como objetivo "Colaborar con sus pares en la formulación de hipótesis científicas y selección de variables, mediante el análisis de la pertinencia de diferentes modelos matemáticos, planificando y diseñando un proyecto de investigación innovador en biomatemática."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia de integrar equipos de investigación, mediante la revisión de problemas contemporáneos de la biomatemática y la elaboración de marcos teóricos, objetivos y preguntas de investigación y metodologías.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en investigación.

Esta asignatura tributa a las líneas de Modelamiento Estructural en Biomatemática y Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.
- Integrar equipos de trabajo de investigación, desarrollo e innovación aportando su conocimiento en biomatemática para alcanzar, de manera eficiente, el logro de objetivos del proyecto.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Formular hipótesis fundamentadas en teorías científicas y seleccionar las variables relevantes en la construcción de modelos matemáticos, para abordar problemas específicos de la matemática aplicada.	Diseñar hipótesis y seleccionar variables, usando y revisando modelos matemáticos dinámicos / estructurales, relacionando metodologías y procedimientos fundamentada en teorías científicas.	Unidad 1: Tópicos de Biomatemática. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas contemporáneos de modelamiento dinámico y estructural en biomatemática.</li> </ul> Unidad 2: Elaboración de la estructura de un proyecto de investigación. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marco Teórico, Objetivos, pregunta de investigación, propuesta metodológica.</li> </ul>
Tomar decisiones a partir de la información obtenida, mediante herramientas matemáticas pertinentes, de los modelos matemáticos, datos cuantitativos y cualitativos, de manera fundamentada.	Evaluar la pertinencia y utilidad de las herramientas matemáticas utilizadas en diferentes modelos del ámbito de la biomatemática, mediante el análisis de la información obtenida, a partir del propio modelo.	
Colaborar con sus pares demostrando preparación y estando bien informado para formular un problema de investigación innovador en biomatemática, integrando equipos de trabajo, que se comuniquen de manera respetuosa, compartiendo y asumiendo responsabilidades, para diseñar un proyecto de investigación.	Adaptar de manera consensuada, problemas planteados por diferentes investigadores, de manera innovadora, para responder otras preguntas considerando varios puntos de vista para responder.	
Mejorar la autonomía, eficiencia y proactividad del equipo de trabajo, de manera sistemática y continua, en relación con el logro de objetivos comunes de investigación, en el desarrollo de proyectos innovadores de biomatemática.	Planificar colaborativamente la estructura de un proyecto de investigación innovador, en el ámbito de la biomatemática, mediante discusiones efectivas y la expresión de ideas de manera clara y proactiva.	

#### V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en investigación, como parte del método de enseñanza de la ciencia. Los y las estudiantes abordan problemas de investigación contemporáneos en áreas específicas o problemas multidisciplinares mediante, (i) el análisis de artículos científicos, (ii) analizar la metodología y los resultados de una investigación, (iii) crear un estado del arte de un tema científico mediante la revisión de la literatura y formular preguntas de investigación, (iv) elaborar hipótesis de investigación a un problema identificado, e (v) involucrar a los estudiantes en un proyecto de investigación.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Presentación de artículos científicos relevantes. (10%)

Redacción de informes de investigación. (20%)

Presentación oral de informes de investigación. (20%)

Formulación de proyectos de investigación. (50%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Hernández, R., Fernández C., Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.

### **Complementaria:**

Glasman-Deal, H. (2009). *Science research writing for non-native speakers of English*. World Scientific.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Modelamiento Estructural en Biomatemática				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura Modelamiento Estructural en Biomatemática tiene como objetivo "Analizar modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos, que permitan describir de forma cuantitativa y cualitativa su comportamiento y su utilidad para resolver problemas complejos en la biología, evaluando, mediante argumentos matemáticos y computacionales, su pertinencia y validez, para aplicarlos a la resolución de problemas de la matemática aplicada."

Con este curso se pretende desarrollar las competencias matemáticas mediante el estudio del modelamiento estructural, de estructuras probabilísticas, en espacios métricos y no medibles, grafos y multigrafos, de forma cuantitativa y cualitativa, entendiendo su fundamentación. Por otra parte, desarrollar y fortalecer la competencia computacional, estableciendo la relación entre la representación simbólica del modelo con su representación, mediante scripts y realizando simulaciones numéricas.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales, la profundización sobre el estudio de diversos modelos biológicos estructurales y sus propiedades, desarrollando una correcta escritura simbólica acorde a los estándares de la redacción científica.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Estructural en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

- Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.
- Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.	Adaptar argumentos, de manera coherente, para demostrar propiedades relacionadas al modelamiento estructural, en el ámbito de la biomatemática.	<p>Unidad 1: Introducción al Modelamiento Estructural en Biomatemática.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Fundamentos del Modelamiento Estructural en biología</li> <li>● Distinción entre la estructura y la dinámica temporal en sistemas biológicos.</li> </ul> <p>Unidad 2: Estructuras Probabilísticas.</p>
Comunicar efectivamente propiedades de los modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.	Comunicar efectivamente propiedades de modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos, mediante demostraciones matemáticas, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fundamentos de Probabilidades</li> <li>● Estadística Descriptiva</li> <li>● Inferencia estadística</li> <li>● Muestreo y Anova</li> <li>● Entropía e información mutua</li> </ul> <p>Unidad 3: Estructuras en espacios métricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Regresiones lineales y no lineales</li> <li>● Singular Value Decomposition and Principal Component Analysis</li> <li>● Clustering y redes neuronales</li> </ul> <p>Unidad 4: Estructuras no medibles.</p>
Construir scripts de prueba, utilizando diversos lenguajes de programación, aplicando conceptos matemáticos avanzados sobre estructuras de modelos	Comparar el funcionamiento de librerías computacionales, de diversos lenguajes de programación, que pueden ser utilizadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fractales y su generación</li> <li>● Log regression y Dimensión fractal</li> </ul> <p>Unidad 4: Grafos y Multigrafos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Grafos e hipergrafos</li> <li>● Centralidad y Conectividad</li> </ul>

biológicos, para establecer relaciones entre los comportamientos de sistemas biológicos.	para estudiar modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Modularidad y Complejidad</li> </ul>
Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para generar simulaciones numéricas y gráficos de modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	Adaptar líneas de código de programación para realizar simulaciones numéricas utilizando modelos de la estructura de sistemas biológicos, en el ámbito de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	
Formular hipótesis fundamentadas en teorías científicas y seleccionar las variables relevantes en la construcción de modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos, para abordar problemas específicos de la matemática aplicada.	Diseñar hipótesis y seleccionar variables, usando y revisando modelos de la estructura de sistemas biológicos, relacionando metodologías y procedimientos fundamentada en teorías científicas.	
Criticar modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada, para establecer su validez en el contexto del modelamiento matemático.	Analizar diferentes modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos, evaluando su pertinencia, validez y verosimilitud, en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada.	
Tomar decisiones a partir de la información obtenida, mediante herramientas matemáticas pertinentes, de los	Evaluar la pertinencia y utilidad de las herramientas matemáticas utilizadas en diferentes modelos de la estructura de	

modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos, datos cuantitativos y cualitativos, de manera fundamentada.	sistemas biológicos, mediante el análisis de la información obtenida, a partir del propio modelo.	
Argumentar y comunicar, de manera crítica y fundamentada, la problemática, la metodología y los resultados obtenidos a partir de los modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos.	Discriminar, de manera crítica y fundamentada, la pertinencia y los alcances de las metodologías escogidas por diferentes investigadores, para el abordaje de problemáticas asociadas a modelos matemáticos de la estructura de sistemas biológicos, a partir del análisis de los resultados obtenidos.	

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

*Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real:* En el curso de modelamiento estructural se presentan una serie de conceptos que refieren a las estructuras que se encuentran en biología, y se presenta su representación matemática. Dichos conceptos modelan usando áreas diversas de la matemática, por lo que la exposición del contenido presenta temáticas nuevas y profundiza un poco en ellas, para luego presentar una nueva área.

*Aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales, como punto de partida para integrar conocimientos:* Para fijar el conocimiento de los conceptos de las estructuras revisadas, el alumno se verá directamente enfrentado a problemas en biología donde estas estructuras son de utilidad. Por lo tanto, el curso contempla actividades de solución de dichos problemas y tareas donde deben repasar variantes de los problemas vistos en clase.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

**Pruebas (50%):** la primera prueba a mitad del curso y la segunda prueba al final del curso.

*Ponderaciones:*

- Primera prueba 25%.
- Segunda prueba 25%.

**Informe escrito (20%):** el informe debe ser entregado al final del curso.

*Ponderaciones:*

- Calificación del docente 8%
- Coevaluación: evaluación de dos pares 8%
- Autoevaluación 4%

**Tareas de investigación (30%):** entrega de seis tareas, una tarea cada dos semanas aproximadamente. La primera tarea se entrega la segunda semana

*Ponderaciones:*

- 6 tareas 5% cada una.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Daniel, W. W., Cross, C. L. (2018). *Biostatistics: a foundation for analysis in the health sciences*. Wiley.

He, M., Petoukhov, S. (2011). *Mathematics of bioinformatics: theory, methods and applications*. John Wiley & Sons.

### **Complementaria:**

Murray, J. D., Murray, J. D. (2003). *Mathematical Biology: II. Spatial Models and Biomedical Applications* (Vol. 3). New York Springer.

Konishi, S. (2014). *Introduction to multivariate analysis: linear and nonlinear modeling*. CRC Press.

Türk, C., Carbone, A., Chiaia, B. M. (2010). *Fractal heterogeneous media*. Physical review E, 81(2), 026706.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Modelamiento Dinámico en Biomatemática				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura Modelamiento Dinámico en Biomatemática tiene como objetivo "Analizar modelos dinámicos que permitan describir de forma cuantitativa y cualitativa el comportamiento y la evolución temporal de sistemas biológicos, evaluando mediante argumentos matemáticos y computacionales, su pertinencia y validez, para aplicarlos a la resolución de problemas de la matemática aplicada."

Con este curso se pretende desarrollar las competencias matemáticas mediante el estudio del modelamiento dinámico, modelamiento determinístico a tiempo discreto y continuo, de forma cuantitativa y cualitativa, entendiendo su fundamentación. Por otra parte, desarrollar y fortalecer la competencia computacional, mediante la relación entre la representación gráfica de modelos matemáticos y su representación simbólica.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas, la profundización sobre el estudio de diversos modelos biológicos dinámicos y sus propiedades, desarrollando una correcta escritura simbólica acorde a los estándares de la redacción científica.

Esta asignatura tributa al desarrollo de la línea de investigación de Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

- Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.
- Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de modelos dinámicos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.	Adaptar argumentos, de manera coherente, para demostrar propiedades de distintos modelos dinámicos del ámbito de la ecología y epidemiología matemática.	Unidad 1: Introducción al modelamiento dinámico. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Proceso de modelamiento dinámico.</li> <li>● Clases de Modelos.</li> <li>● Ejemplos.</li> </ul>
Comunicar efectivamente propiedades de los modelos dinámicos, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.	Comunicar efectivamente propiedades de modelos dinámicos, mediante demostraciones, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.	Unidad 2: Modelos determinísticos a tiempo discreto. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ecuaciones y sistemas de ecuaciones en diferencias. Puntos fijos y estabilidad.</li> <li>● Modelos clásicos de poblaciones de una especie.</li> <li>● Modelos clásicos de propagación de enfermedades infecciosas.</li> </ul>
Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para generar simulaciones numéricas y gráficos de modelos dinámicos de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	Relacionar la representación de un modelo dinámico, del comportamiento de un sistema biológico, en scripts en código de programación, con su representación simbólica.	Unidad 3: Modelos determinísticos a tiempo continuo. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas lineales y no lineales. Linealización. Estabilidad local y global.</li> <li>● Modelos clásicos de poblaciones de una especie.</li> <li>● Modelos clásicos de poblaciones con interacción de especies.</li> <li>● Modelos clásicos de propagación y control de</li> </ul>
Formular hipótesis fundamentadas en teorías científicas y seleccionar las variables relevantes en la construcción de modelos dinámicos, para abordar	Diseñar hipótesis y seleccionar variables, usando y revisando modelos dinámicos, relacionando metodologías y procedimientos fundamentada en teorías científicas.	

problemas específicos de la matemática aplicada.		enfermedades infecciosas.
Criticar modelos dinámicos en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada, para establecer su validez en el contexto del modelamiento matemático.	Analizar diferentes modelos dinámicos, evaluando su pertinencia, validez y verosimilitud, en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada.	Unidad 4: Tópicos de modelamiento dinámico.  Clases expositivas y seminarios para introducir dos de los tópicos abajo a depender del área de investigación del profesor de la asignatura:
Tomar decisiones a partir de la información obtenida, mediante herramientas matemáticas pertinentes, de los modelos dinámicos, datos cuantitativos y cualitativos, de manera fundamentada.	Evaluar la pertinencia y utilidad de las herramientas matemáticas utilizadas en diferentes modelos dinámicos, mediante el análisis de la información obtenida, a partir del propio modelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelos con retardo</li> <li>● Modelos con estructura espacial</li> <li>● Modelos con estructura etaria</li> <li>● Modelos con captura</li> <li>● Modelos estocásticos.</li> </ul>
Argumentar y comunicar, de manera crítica y fundamentada, la problemática, la metodología y los resultados obtenidos a partir de los modelos dinámicos.	Discriminar, de manera crítica y fundamentada, la pertinencia y los alcances de las metodologías en el estudio de modelos dinámicos, escogidas por diferentes investigadores, para el abordaje de problemáticas, a partir del análisis de los resultados obtenidos.	

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Redacción de informes de investigación. (20%)

Presentación oral de informes de investigación. (30%)

Resolución de guías de ejercicios y desarrollo de scripts para simulación numérica de modelos epidémicos (20%)

Pruebas o exámenes escritos de evaluación integral del conocimiento. (30%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Brauer, F., Castillo-Chavez, C. (2012). *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology, Texts in Applied Mathematics*. Springer, 2nd Edition.

Martcheva, M. (2015). *An Introduction to Mathematical Epidemiology*. Texts in Applied Mathematics, Springer.

### **Complementaria:**

Brauer, F., Castillo-Chavez, C., Feng, Z. (2019). *Mathematical Models in Epidemiology*. Texts in Applied Mathematics, Springer.

de Vries, G., Hillen, T., Lewis, M., Müller, J., Schönfisch, B., (2006). *A course in Mathematical Biology: Quantitative Modeling with Computational and Mathematical Methods*. SIAM.

Bjørnstad, O. N. (2018). *Epidemics. Models and data using R*. Use R Series, Springer.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Tesis I				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	10				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	108			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	6	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	14
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>	Proyecto de Tesis				

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura Tesis I tiene como objetivo "Tomar decisiones metodológicas en un proyecto de investigación innovador de la biomatemática, mediante el análisis crítico de su pertinencia y alcances, asumiendo responsabilidades y cumpliendo plazos."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia profesional mediante la revisión crítica de diversas publicaciones científicas de la biomatemática, describir el planteamiento del problema, hipótesis o pregunta de investigación, objetivos, metodología de modelamiento, matemáticas, métodos numéricos y su discusión, el plan de trabajo y la bibliografía.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en investigación.

Esta asignatura tributa a las líneas de Modelamiento Estructural en Biomatemática y/o Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.
- Integrar equipos de trabajo de investigación, desarrollo e innovación aportando su conocimiento en biomatemática para alcanzar, de manera eficiente, el logro de objetivos del proyecto.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Formular hipótesis fundamentadas en teorías científicas y seleccionar las variables relevantes en la construcción de modelos matemáticos, para abordar problemas específicos de la matemática aplicada.	Elaborar hipótesis en el ámbito de la biomatemática, consistentes y coherentes con las teorías científicas, en la construcción de modelos matemáticos, para abordar problemas específicos de la matemática aplicada.	<p>Unidad 1: Estado del arte.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Revisar y analizar críticamente publicaciones científicas relacionadas con el ámbito de la biomatemática, en el cual desarrollará su proyecto de investigación</li> <li>● Análisis crítico del estado del arte en la línea de investigación escogida: modelamiento dinámico o modelamiento estructural.</li> </ul> <p>Unidad 2: Informe de investigación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Descripción de la propuesta: planteamiento del problema, hipótesis o pregunta de investigación, objetivos.</li> <li>● Metodología: Metodología de modelamiento, de aplicación de teorías matemáticas y métodos numéricos, discusión metodológica.</li> <li>● Plan de trabajo</li> <li>● Bibliografía</li> </ul>
Criticar modelos matemáticos en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada, para establecer su validez en el contexto del modelamiento matemático.	Analizar diferentes modelos matemáticos, evaluando su pertinencia, validez y verosimilitud, en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada.	
Tomar decisiones a partir de la información obtenida, mediante herramientas matemáticas pertinentes, de los modelos matemáticos, datos cuantitativos y cualitativos, de manera fundamentada.	Evaluar la pertinencia y utilidad de las herramientas matemáticas utilizadas en diferentes modelos, mediante el análisis de la información obtenida, a partir del propio modelo.	
Argumentar y comunicar, de manera crítica y fundamentada, la problemática, la metodología y los resultados obtenidos a partir de los modelos matemáticos.	Discriminar, de manera crítica y fundamentada, la pertinencia y los alcances de las metodologías escogidas por diferentes investigadores, para el abordaje de problemáticas, a partir del análisis de los resultados obtenidos.	
Colaborar con sus pares demostrando preparación y estando bien informado para formular un problema de investigación innovador en biomatemática, integrando equipos de trabajo, que se comuniquen de manera respetuosa, compartiendo y asumiendo responsabilidades, para	Adaptar de manera consensuada, problemas planteados por diferentes investigadores, de manera innovadora, para responder otras preguntas considerando varios puntos de vista para responder.	

diseñar un proyecto de investigación.		
Colaborar con sus pares para abordar de manera colectiva problemas complejos del ámbito de la biomatemática, distribuyendo tareas, cumpliendo plazos y generando oportunidades para la mejora continua y el logro de objetivos comunes.	Comunicar de manera respetuosa y clara aspectos metodológicos de un proyecto de investigación en el ámbito de la Biomatemática, de manera colaborativa, propendiendo a la mejora continua a través de la retroalimentación, cumpliendo plazos y acuerdos sobre objetivos comunes.	
Reconocer y respetar conclusiones sobre la evaluación del logro de los objetivos de un proyecto de investigación comunes, considerando válidas las opiniones de los miembros del equipo, en el contexto de proyectos innovadores relacionados con la biomatemática.	Reconocer los diferentes puntos de vista al analizar de manera crítica los alcances de diferentes metodologías y/o resultados obtenidos por otros investigadores del ámbito de la Biomatemática, para la futura elección de metodologías propias, en el contexto de la innovación.	
Mejorar la autonomía, eficiencia y proactividad del equipo de trabajo, de manera sistemática y continua, en relación con el logro de objetivos comunes de investigación, en el desarrollo de proyectos innovadores de biomatemática.	Implementar acciones derivadas de las decisiones metodológicas, de manera efectiva, que permitan contestar una pregunta de investigación de un proyecto innovador, en el ámbito de la biomatemática, reconociendo varios puntos de vista y estableciendo redes de cooperación con especialistas relacionados al campo de investigación.	

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en investigación, como parte del método de enseñanza de la ciencia.

Enseñanza por proyectos, donde los y las estudiantes abordan de forma práctica y colaborativa el desarrollo de proyectos ligados a intereses reales.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Presentación de artículos científicos relevantes. (20%)

Redacción de informes de investigación. (30%)

Presentación oral de informes de investigación. (50%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Razo, C. M. (1998). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. Pearson Educación.

Cachaza, A. N., de Murga, M. N., de Murga, J. N. (1993). *Hacer una tesis en ciencias (Vol. 19)*. Universitat de València.

### **Complementaria:**

Cada docente guía recomendará artículos científicos según el tema seleccionado por el/la estudiante.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos tiene como objetivo "Analizar sistemas biológicos mediante el desarrollo de modelos computacionales que permitan representarlos mediante simulaciones numéricas y gráficos, para criticarlos de manera fundamentada y aplicarlos a la resolución de problemas de la bioinformática."

Con este curso se pretende desarrollar las competencias matemáticas mediante el estudio de los modelos estacionarios, dinámicos y estadísticos para inferir parámetros y tomar decisiones en el contexto de la bioinformática, entendiendo su fundamentación. Por otra parte, desarrollar y fortalecer la competencia computacional, mediante el estudio de la relación entre la representación de modelos matemáticos biológicos de manera simbólica, con sus scripts, realizando simulaciones numéricas, predicciones y estimaciones de su comportamiento.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias, se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas, la profundización sobre el estudio de diversos sistemas biológicos y sus propiedades, desarrollando una correcta programación de scripts que permitan desarrollar capacidades avanzadas de análisis de sistemas biológicos.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Estructural en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

- Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Construir scripts de prueba, utilizando diversos lenguajes de programación, aplicando conceptos matemáticos avanzados, para establecer relaciones entre los comportamientos de sistemas biológicos.	Construir scripts de prueba utilizando librerías computacionales en la elaboración de modelos que resuelvan problemas relacionados con el comportamiento de sistemas biológicos, buscando regularidades.	Unidad 1: Modelos estacionarios y dinámicos. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción al modelamiento matemático.</li> <li>● Métodos de Newton-Raphson y la secante. Aplicación a cultivos celulares en quimostato, ecuaciones no lineales en medio ambiente y medicina.</li> <li>● Introducción a modelos dinámicos.</li> <li>● Métodos de Newton y Euler para ecuaciones diferenciales ordinarias, y método de diferencias finitas para ecuaciones diferenciales parciales. Aplicaciones a las ecuaciones de onda y calor.</li> </ul>
Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para generar simulaciones numéricas y gráficos de modelos del comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	Construir scripts, que permitan realizar una simulación numérica y la representación gráfica de los resultados, mediante modelos de sistemas biológicos en el ámbito de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	Unidad 2: Modelos estadísticos para inferir parámetros y toma de decisiones. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción al modelamiento estadístico.</li> <li>● Métodos de inferencia frecuentista y Bayesiano.</li> <li>● Aplicaciones en inferencia de parámetros de parámetros de la industria biotecnológica en y toma de decisiones en medicina.</li> </ul>
Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para resolver problemas complejos, mediante la predicción y estimación del comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de	Adaptar líneas de código de programación para realizar estimaciones utilizando modelos de sistemas biológicos, en el ámbito de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	Unidad 3: Modelos estadísticos en bioinformática. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción a datos de secuenciamiento genético.</li> <li>● Métodos de mapeo local y global de secuencias genéticas.</li> <li>● Aplicaciones en análisis de expresión genética.</li> </ul>

sustentabilidad económica, ambiental o social del país.		
Criticar modelos matemáticos en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada, para establecer su validez en el contexto del modelamiento matemático de sistemas biológicos.	Analizar diferentes modelos de sistemas biológicos, evaluando su pertinencia, validez y verosimilitud, en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada.	
Tomar decisiones a partir de la información obtenida, mediante herramientas matemáticas pertinentes, de los modelos matemáticos de sistemas biológicos, mediante datos cuantitativos y cualitativos, de manera fundamentada.	Evaluar la pertinencia y utilidad de las herramientas matemáticas utilizadas en diferentes modelos de sistemas biológicos, mediante el análisis de la información obtenida, a partir del propio modelo.	
Argumentar y comunicar, de manera crítica y fundamentada, la problemática, la metodología y los resultados obtenidos a partir de los modelos matemáticos de sistemas biológicos.	Discriminar, de manera crítica y fundamentada, la pertinencia y los alcances de las metodologías escogidas por diferentes investigadores, para el abordaje de problemáticas relacionadas al estudio de los sistemas biológicos, a partir del análisis de los resultados obtenidos.	

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales, como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Redacción de informes de investigación. (25%)

Presentación oral de informes de investigación. (50%)

Presentación de artículos científicos relevantes. (25%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Feldman, R., Valdez-Flores, C. (2010). *Applied probability and stochastic processes (2nd ed.)*. Heidelberg: Springer.

Durbin, R., Eddy, S.R., Krogh, A. and Mitchison, G., (1998). *Biological sequence analysis: probabilistic models of proteins and nucleic acids*. Cambridge University Press.

### **Complementaria:**

Hannon, B., Ruth, M. (2001). *Dynamic modeling (2nd ed.)*. New York: Springer.

Salzberg, S., Searls, D., Kasif, S., Bernardi, G. (1999). *Computational Methods in Molecular Biology*. Amsterdam: Elsevier.

Ramirez, W. (1997). *Computational methods for process simulation (2nd ed.)*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Tesis II				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Obligatoria	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	22				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	108			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	6	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	38
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>	Proyecto de tesis				

## II. DESCRIPCIÓN

La asignatura Tesis II tiene como objetivo "Explicar, de manera fundamentada, las decisiones metodológicas tomadas en torno a un proyecto de investigación innovador de la biomatemática, mediante demostraciones matemáticas, simulaciones numéricas y predicciones, utilizando la retroalimentación de los otros para mejorar su trabajo."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia profesional mediante la construcción y análisis del modelo matemático de sistemas biológicos, el modelamiento computacional a través de scripts, la escritura de un informe de investigación acorde a los estándares de la redacción científica. Por otra parte, la argumentación fundamentada de la metodología y los resultados de la investigación ante sus pares, académicos, especialistas y en una actividad cultural del ámbito de la biomatemática y finalmente la defensa de tesis.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en investigación.

Esta asignatura tributa a las líneas de Modelamiento Estructural en Biomatemática y/o Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.

- Integrar equipos de trabajo de investigación, desarrollo e innovación aportando su conocimiento en biomatemática para alcanzar, de manera eficiente, el logro de objetivos del proyecto.
- Resolver problemas mediante aplicaciones, basadas en librerías computacionales de diversos lenguajes de programación, para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, planteando modelos matemáticos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Formular hipótesis fundamentadas en teorías científicas y seleccionar las variables relevantes en la construcción de modelos matemáticos, para abordar problemas específicos de la matemática aplicada.	Elaborar hipótesis en el ámbito de la biomatemática, consistentes y coherentes con las teorías científicas, en la construcción de modelos matemáticos, para abordar problemas específicos de la matemática aplicada.	Unidad 1: modelamiento matemático. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Construcción del modelo matemático del sistema biológico.</li> <li>● Análisis de la construcción del modelo matemático del sistema biológico.</li> <li>● Análisis de modelos mediante herramientas matemáticas.</li> </ul>
Criticar modelos matemáticos en función de la coherencia teórica y técnicas de la matemática aplicada, para establecer su validez en el contexto del modelamiento matemático.	Mejorar modelos matemáticos, tomando decisiones y emitiendo juicios para contribuir a diferentes áreas de la matemática aplicada, en el contexto del modelamiento matemático.	Unidad 2: modelamiento computacional. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Construcción de scripts que representen al modelo matemático del sistema biológico.</li> <li>● Simulaciones numéricas.</li> <li>● Representaciones gráficas.</li> <li>● Resultados.</li> <li>● Predicciones.</li> </ul>
Tomar decisiones a partir de la información obtenida, mediante herramientas matemáticas pertinentes, de los modelos matemáticos, datos cuantitativos y cualitativos, de manera fundamentada.	Decidir estrategias para dar solución a problemas, fundamentadas en evidencia cualitativa y/o cuantitativa, mediante el análisis crítico de los modelos matemáticos.	Unidad 3: escritura de un informe de investigación. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Estándares de la redacción científica.</li> <li>● Escritura simbólica de la matemática.</li> </ul>
Argumentar y comunicar, de manera crítica y fundamentada, la problemática, la metodología y los resultados obtenidos a partir de los modelos matemáticos.	Argumentar mediante herramientas matemáticas, las elecciones metodológicas, para el abordaje de problemas nuevos, mediante el análisis de los modelos matemáticos comunicando los resultados obtenidos.	Unidad 4: Argumentación fundamentada.
Colaborar con sus pares demostrando preparación y estando bien informado para formular un problema de	Diseñar un problema de investigación innovador, demostrando preparación y estando bien informado,	

<p>investigación innovador en biomatemática, integrando equipos de trabajo, que se comuniquen de manera respetuosa, compartiendo y asumiendo responsabilidades, para diseñar un proyecto de investigación.</p>	<p>aportando ideas al equipo de trabajo, compartiendo y asumiendo responsabilidades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Presentación oral para la fundamentación del modelo y sus resultados ante sus pares.</li> <li>● Presentación oral para la fundamentación del modelo y sus resultados ante académicos del claustro y especialistas del área.</li> </ul>
<p>Colaborar con sus pares para abordar de manera colectiva problemas complejos del ámbito de la biomatemática, distribuyendo tareas, cumpliendo plazos y generando oportunidades para la mejora continua y el logro de objetivos comunes.</p>	<p>Tomar decisiones consensuadas sobre los aspectos metodológicos de un proyecto de investigación en el ámbito de la Biomatemática, de manera autónoma y colaborativa, mediante la retroalimentación efectiva.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Presentación oral para la fundamentación del modelo y sus resultados en un congreso o actividad académica relacionada al ámbito de la biomatemática.</li> <li>● Defensa de tesis.</li> </ul>
<p>Reconocer y respetar conclusiones sobre la evaluación del logro de los objetivos de un proyecto de investigación comunes, considerando válidas las opiniones de los miembros del equipo, en el contexto de proyectos innovadores relacionados con la biomatemática.</p>	<p>Defender, de manera fundamentada, los objetivos del proyecto de investigación, ante el equipo de trabajo, para lograr la comprensión de éstos, utilizando la retroalimentación de los otros para mejorar su trabajo.</p>	
<p>Mejorar la autonomía, eficiencia y proactividad del equipo de trabajo, de manera sistemática y continua, en relación con el logro de objetivos comunes de investigación, en el desarrollo de proyectos innovadores de biomatemática.</p>	<p>Analizar de manera crítica la validez de las decisiones metodológicas que permitan contestar una pregunta de investigación de un proyecto innovador, en el ámbito de la biomatemática, evaluando de manera autónoma la calidad de los resultados, reconociendo las opiniones de otros para la mejora continua.</p>	
<p>Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para resolver problemas complejos, mediante la predicción y estimación del comportamiento de sistemas</p>	<p>Construir scripts, que permitan realizar predicciones y estimaciones a partir de los resultados, en modelos matemáticos en el ámbito de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.</p>	

biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.		
--	--	--

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en investigación, como parte del método de enseñanza de la ciencia. Los y las estudiantes abordan problemas de investigación contemporáneos en áreas específicas o problemas multidisciplinares mediante, (i) el análisis de artículos científicos, (ii) analizar la metodología y los resultados de una investigación, (iii) crear un estado del arte de un tema científico mediante la revisión de la literatura y formular preguntas de investigación, (iv) elaborar hipótesis de investigación a un problema identificado, e (v) involucrar a los estudiantes en un proyecto de investigación.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Informe escrito sobre el modelo matemático. (Formativo).

Simulaciones numéricas en scripts (Formativo).

Informe de investigación. (60%)

Presentación oral del proyecto de tesis ante sus pares, académicos y especialistas y congreso. (Formativa).

Defensa de tesis (40%).

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Razo, C. M. (1998). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. Pearson Educación.

Cachaza, A. N., de Murga, M. N., de Murga, J. N. (1993). *Hacer una tesis en ciencias (Vol. 19)*. Universitat de València.

### **Complementaria:**

Cada docente guía recomendará artículos científicos según el tema seleccionado por el/la estudiante.

## Asignaturas Electivas

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Teoría de Álgebras con Realización Genética					
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente					
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática					
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática					
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva		
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>	
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6					
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72				
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8	
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>						

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Teoría de Álgebras con Realización Genética tiene como objetivo "Analizar propiedades de modelos matemáticos, basados en álgebras con realización genética, mediante la demostración de propiedades, en el ámbito de la biomatemática."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia matemática, mediante la demostración de propiedades de álgebras no asociativas, álgebras con realización genética, su estructura y sus aplicaciones, escribiendo textos matemáticos empleando las técnicas de la redacción científica.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas y la profundización sobre el estudio de las propiedades de álgebras con realización genética.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Estructural en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de álgebras no asociativas que modelan matemáticamente procesos genéticos, contribuyendo al conocimiento en el área de la biomatemática.</p> <p>Comunicar efectivamente propiedades de las álgebras con realización genética, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática algebraica, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p>	<p>Demostrar propiedades de álgebras no asociativas, álgebras con realización genética, su estructura y sus aplicaciones, mediante el desarrollo de argumentos sólidos, para contribuir al conocimiento en el ámbito de la biomatemática.</p> <p>Crear demostraciones novedosas de propiedades de álgebras no asociativas, álgebras con realización genética, su estructura y sus aplicaciones, en el ámbito de la biomatemática, escribiendo según el estándar de la redacción científica.</p>	<p>Unidad 1: Teoría de álgebra no asociativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Definiciones y notación</li> <li>● Polinomios no asociativos</li> <li>● Constantes de estructura.</li> <li>●</li> </ul> <p>Unidad 2: Álgebras con realización genética.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Función peso.</li> <li>● Bases Naturales.</li> <li>● Álgebras de Bernstein</li> <li>● Train algebras.</li> <li>● Álgebras genéticas</li> </ul> <p>Unidad 3: Estructura de ARG.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Potencias plenarias y principales</li> <li>● Operador de evolución.</li> <li>● Solubilidad y Nilpotencia.</li> <li>● Elementos idempotentes.</li> </ul> <p>Unidad 4: Aplicaciones de ARG.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Taza de segregación aditiva y taza de segregación simétrica.</li> <li>● Loci parcialmente acoplados.</li> <li>● Autoploidicidad</li> <li>● Herencia ligada al género.</li> <li>● Superposición de generaciones.</li> <li>● Sistemas endogámicos.</li> </ul>

#### V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

- Pruebas escritas de desarrollo de demostraciones (50%)
- Trabajos escritos donde el estudiante analice demostraciones y las aplique a problemas. (30%)
- Exposiciones orales sobre temas específicos de la ARG. (20%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Wröz-Buzekros, A. (1980). *Introduction to Genetic algebras*. Lectures in Biomathematics.

Reed, M.L. (1997). *Algebraic structure of genetic inheritance*. Bull. Amer. Math. Soc. 34(2) 107-130.

### **Complementaria:**

Felsenstein, J. (2017). *Theoretical evolutionary Genetics*. Department of Genome Sciences and Department of Biology, University of Washington, Seattle, USA.

Shafer, R.D. (1961). *An introduction to nonassociative algebras*. Academic Press New York, USA.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Análisis de Fourier y Distribuciones				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Análisis de Fourier y Distribuciones tiene como objetivo "Analizar propiedades de las soluciones de ecuaciones diferenciales, utilizando elementos de análisis de Fourier y distribuciones, para solucionar problemas de modelos biológicos, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia matemática mediante el estudio de los espacios de funciones, la transformada de Fourier, la teoría de distribuciones, y sus aplicaciones a ecuaciones de evolución, mediante la comprobación de reglas y propiedades, para aportar al conocimiento de la matemática aplicada en el ámbito de los sistemas biológicos dinámicos.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas, la profundización sobre el estudio de diferentes propiedades del análisis de Fourier y distribuciones y sus aplicaciones a las ecuaciones de evolución, desarrollando una correcta escritura simbólica en demostraciones utilizando redacción científica.

Esta asignatura tributa a las líneas de Modelamiento Estructural en Biomatemática y Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades utilizando elementos de análisis de Fourier y distribuciones, de modelos matemáticos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.</p> <p>Comunicar efectivamente propiedades de los modelos, estudiados con análisis de Fourier y distribuciones, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p>	<p>Demostrar propiedades de modelos matemáticos que requieren de ecuaciones diferenciales, mediante el desarrollo de argumentos sólidos, utilizando técnica de Fourier y Distribuciones para contribuir al conocimiento en el ámbito de la biomatemática.</p> <p>Crear demostraciones novedosas de propiedades de modelos, empleando técnicas de Fourier y Distribuciones, que utilizan ecuaciones diferenciales del ámbito de la biomatemática, escribiendo según el estándar de la redacción científica.</p>	<p>Unidad 1: Espacios de funciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Espacios de funciones suaves y funciones con soporte compacto.</li> <li>● Espacio Schwartz. La convolución y sus propiedades, desigualdades y resultados de aproximación.</li> </ul> <p>Unidad 2: Transformada de Fourier.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Propiedades básicas. Teorema de Plancherel. Desigualdad de Hausdorff, de Young y teorema de inversión.</li> </ul> <p>Unidad 3: Análisis de Fourier de funciones <math>L^1</math> en el toro.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Núcleos de Dirichlet y Fejér, fórmula de Poisson, decaimiento del coeficiente de Fourier, convergencia y divergencia de series de Fourier.</li> </ul> <p>Unidad 4: Teoría de las distribuciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Topología y nociones de convergencia, operaciones con distribuciones, resultados de convolución y aproximación, distribuciones templadas, periódicas y de soporte compacto.</li> <li>● Transformada y series de Fourier de distribuciones y propiedades.</li> </ul>

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Pruebas (50%): dos pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, en modalidad individual.

*Ponderaciones:*

- Primera prueba 25%.
- Segunda prueba 25%.

Desarrollo de trabajo de resolución de problemas aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral (30%).

Una exposición oral (20%).

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Folland, G. B. (1999). *Real Analysis, Modern Techniques and Their Applications, Second edition*. John Wiley.

Iório, J.R., Magalhaes, V. (2001). *Fourier Analysis and partial differential equations*. Cambridge University Press.

### **Complementaria:**

Grafakos, L. (2004). *Classical and modern Fourier analysis*. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ.

Duoandikoetxea, J. (2001). *Fourier analysis. Graduate Studies in Mathematics*. American Mathematical Society, Providence, RI.

Linares, F., Ponce, G. (2015). *Introduction to nonlinear dispersive equations*. Second edition, Springer.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Introducción al Análisis Funcional				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Introducción al Análisis Funcional tiene como objetivo "Explicar, de manera simbólica, la validez de teoremas y propiedades de la teoría del Análisis Funcional y aplicarlos a la resolución de problemas de la matemática aplicada, mediante la demostración de propiedades, en el ámbito de la biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia matemática, mediante la demostración de propiedades de problemas en espacios abstractos (Banach y Hilbert) y operadores lineales, escribiendo textos matemáticos mediante la redacción científica, para aportar al conocimiento en los ámbitos de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

Para contribuir al desarrollo de esta competencia se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas y la profundización sobre el estudio de las propiedades de los cuatro teoremas fundamentales del Análisis Funcional y el teorema de punto fijo de Banach.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de espacios abstractos de dimensión infinita los cuales constituyen el marco teórico de modelos matemáticos, utilizados en el área de la biomatemática.</p> <p>Comunicar efectivamente propiedades de los espacios abstractos de dimensión infinita, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p>	<p>Demostrar propiedades de espacios abstractos y operadores lineales, mediante el desarrollo de argumentos sólidos, para contribuir al conocimiento en el ámbito de la biomatemática.</p> <p>Crear demostraciones novedosas de propiedades de modelos en espacios abstractos y operadores lineales en el ámbito de la biomatemática, escribiendo según el estándar de la redacción científica.</p>	<p>Unidad 1: Espacios Abstractos y Operadores Lineales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Espacios de Banach: Espacios Normados y vecindades. Conjuntos abiertos y cerrados. Sucesiones, convergencia y conjuntos compactos.</li> <li>● Sucesiones de Cauchy. y completitud. Completación.</li> <li>● Operadores Lineales Acotados. Funcionales Lineales.</li> <li>● Espacio vectorial normado de Operadores y Espacio Dual. Espacios reflexivos.</li> </ul> <p>Unidad 2: Espacios de Hilbert.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Producto interno, ortogonalidad, desigualdad de Schwarz. Teorema de Pitágoras y conjunto Ortonormal.</li> <li>● Desigualdad de Bessel e identidad de Parseval. -Operadores Autoadjuntos, Unitarios y Normales en Espacios de Hilbert y propiedades.</li> <li>● Teorema de Representación de Riesz.</li> </ul> <p>Unidad 3: Los 4 Teoremas Fundamentales del Análisis Funcional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Teorema de Hanh-Banach.</li> <li>● Teorema de la Acotación Uniforme.</li> <li>● Teorema de la Aplicación abierta.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Operadores Lineales Cerrados y Teorema del Gráfico Cerrado.</li> </ul> <p>Unidad 4: Teorema de Punto Fijo de Banach.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Principio de contracción y Teorema de Punto fijo de Banach.</li> <li>● Aplicaciones a ecuaciones abstractas en espacios de Banach.</li> </ul>
--	--	--

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Pruebas escritas. (60%)

Resolución de problemas. (40%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### Básica:

Bachman, G., Narici, L. (1972). *Functional Analysis*. Academic Press.

Kreyszig, E. (1978). *Introductory Functional Analysis with Applications*. John Wiley & Sons.

### Complementaria:

Rudin, W. (2009). *Análisis Funcional*. Editorial Reverté.

Bower, A., Kalton, N. J. (2014). *An introductory course in functional analysis*. Springer.

Brezis, H. (2010). *Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations*. Springer.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Introducción a las Ecuaciones Dispersivas				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Introducción a las Ecuaciones Dispersivas tiene como objetivo "Analizar procesos representados por ecuaciones en derivadas parciales de tipo dispersivas, y aplicarlos a la resolución de problemas de la matemática aplicada a la física o a la biología, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia matemática mediante el estudio de las ecuaciones dispersivas lineales y no lineales, problemas de valor inicial, mediante la comprobación de reglas y propiedades de sistemas biológicos dinámicos, para aportar al conocimiento de la matemática aplicada y al análisis cualitativo y cuantitativo de las ecuaciones de tipo dispersivas lineales y no lineales.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas, la profundización sobre el estudio de diferentes propiedades de modelos que representan problemas biológicos mediante ecuaciones dispersivas, desarrollando una correcta escritura simbólica en demostraciones utilizando la redacción científica.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de ecuaciones dispersivas utilizados en el área de la biomatemática.</p> <p>Comunicar efectivamente propiedades de ecuaciones dispersivas, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica</p>	<p>Demostrar propiedades de ecuaciones dispersivas lineales y no lineales, mediante el desarrollo de argumentos sólidos, para contribuir al conocimiento en el ámbito de la biomatemática.</p> <p>Crear demostraciones novedosas de propiedades de ecuaciones dispersivas lineales y no lineales en el ámbito de la biomatemática, escribiendo según el estándar de la redacción científica.</p>	<p>Unidad 1: Ecuaciones Dispersivas Lineales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Relación de Dispersión, Fase, Velocidad de Fase, Velocidad de Grupo.</li> <li>● Definición de Ecuación Dispersiva.</li> <li>● Ejemplos: Ecuaciones de KdV, de Shrödinger y de la Viga.</li> </ul> <p>Unidad 2: Problemas de Valor Inicial o problema de Cauchy para las Ecuaciones Dispersivas Lineales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Problema Lineal Homogéneo y No homogéneo (Fórmula de Duhamel).</li> </ul> <p>Unidad 3: Ecuaciones Dispersivas No Lineales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ecuación de KdV y Ecuación de Shrödinger.</li> <li>● Propiedades: Estimativas Lineales y no lineales (Espacios de Bourgain).</li> <li>● Ondas Viajeras (Ondas solitarias) para la KdV.</li> <li>● Ondas Periódicas y Leyes de Conservación.</li> </ul> <p>Unidad 4: Problemas de Valor Inicial para las Ecuaciones Dispersivas No Lineales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelo. Problema de Valores Iniciales. Teoría Local de Buena Colocación.</li> <li>● Lemas Preliminares. Estimativas bilineales. Resultado global de buena colocación.</li> </ul>

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Pruebas (50%): dos pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, en modalidad individual.

*Ponderaciones:*

- Primera prueba 25%.
- Segunda prueba 25%.

Desarrollo de trabajo de resolución de problemas aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral (30%).

Una exposición oral (20%).

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Linares, F. (2007). *Ecuaciones Dispersivas No lineales: Caso Periódico*. XX Escuela Venezolana de Matemáticas.

Whitham, G. B. (1999). *Linear and Nonlinear Waves*. John Wiley & Sons, Inc.

### **Complementaria:**

Linares, F., Ponce, G. (2015). *Introduction to nonlinear dispersive equations, second edition*. Springer.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Ecuaciones Diferenciales con Retardo en Biomatemática					
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente					
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática					
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática					
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva		
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>	
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6					
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72				
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8	
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>						

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Ecuaciones Diferenciales con Retardo en Biomatemática tiene como objetivo "Analizar propiedades de modelos matemáticos, basados en ecuaciones diferenciales con retardo, mediante la demostración de propiedades y el uso de librerías computacionales para realizar simulaciones numéricas, en el ámbito de la biomatemática."

Con este curso se pretende desarrollar las competencias matemáticas, mediante la demostración de propiedades de existencia de soluciones de sistemas de ecuaciones diferenciales con retardo, sistemas lineales de ecuaciones diferenciales con retardo y linealización de sistemas no lineales de ecuaciones diferenciales con retardo y sistemas semi-dinámicos, escribiendo textos matemáticos mediante la redacción científica, y de pensamiento computacional orientado al campo de la biomatemática, para aportar al conocimiento en los ámbitos de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales, y la profundización sobre el estudio de las propiedades de los sistemas de ecuaciones diferenciales con retardo en contexto computacional.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.
- Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de modelos matemáticos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.</p> <p>Comunicar efectivamente propiedades de los modelos, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p> <p>Construir scripts de prueba, utilizando diversos lenguajes de programación, aplicando conceptos matemáticos avanzados, para establecer relaciones entre los comportamientos de sistemas biológicos.</p> <p>Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para generar simulaciones numéricas y gráficos de modelos del comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.</p>	<p>Demostrar propiedades de existencia de soluciones, sistemas lineales y linealización y sistemas semi-dinámicos asociados a ecuaciones diferenciales con retardo, mediante el desarrollo de argumentos sólidos, para contribuir al conocimiento en el ámbito de la biomatemática.</p> <p>Crear demostraciones novedosas de propiedades de modelos basados en ecuaciones diferenciales con retardo del ámbito de la biomatemática, escribiendo según el estándar de la redacción científica.</p> <p>Construir scripts de prueba utilizando librerías computacionales en la elaboración de modelos que involucren ecuaciones diferenciales con retardo, para resolver problemas relacionados con el comportamiento de sistemas biológicos, buscando regularidades.</p> <p>Construir scripts, que permitan realizar una simulación numérica y la representación gráfica de los resultados, mediante modelos matemáticos que involucren ecuaciones diferenciales con retardo, en el ámbito de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.</p>	<p>Unidad 1: Existencia de Soluciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Métodos de los pasos para ecuaciones con retardo.</li> <li>● Soluciones positivas.</li> <li>● Continuación de soluciones.</li> <li>● Definiciones de estabilidad.</li> </ul> <p>Unidad 2: Sistemas lineales y linealización.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas lineales autónomos.</li> <li>● Transformada de Laplace y Fórmula de Variación de Parámetros.</li> <li>● Principio de estabilidad linealizada.</li> <li>● Estabilidad Absoluta.</li> </ul> <p>Unidad 3: Sistemas semi-dinámicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Semiflujos y conjuntos Omega límite.</li> <li>● Sistemas semi-dinámicos inducidos por ecuaciones diferenciales con retardo.</li> <li>● Dinámica monótona.</li> </ul> <p>Unidad 4: Integración numérica de ecuaciones diferenciales con retardo en <math>\mathbb{R}</math>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Librerías para resolver ecuaciones diferenciales con retardo en <math>\mathbb{R}</math>.</li> <li>● Ejemplos y aplicaciones.</li> </ul>

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

- Presentación de artículos científicos relevantes. (20%)
- Redacción de informes de investigación. (35%)
- Presentación oral de informes de investigación. (35%)
- Presentación de un código de programación. (10%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

H. Smith. (2001). *An introduction to Delay Differential Equations with Application to the Life Science*. New York Springer.

### **Complementaria:**

Agarwal, R. P., Berezansky, L., Braverman, E., Domoshnitsky, A. (2012). *Nonoscillation theory of functional differential equations with applications*. Springer Science & Business Media.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Introducción a las Ecuaciones Diferenciales Parciales					
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente					
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática					
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática					
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva		
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>	
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6					
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72				
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8	
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>						

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Introducción a las Ecuaciones Diferenciales Parciales tiene como objetivo "Explicar, de manera simbólica, la validez de teoremas y propiedades de ecuaciones diferenciales parciales y aplicarlos a la resolución de problemas de la matemática aplicada, mediante la demostración de propiedades, en el ámbito de la biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia matemática, mediante la demostración de propiedades de ecuaciones en derivadas parciales de primer y segundo orden en relación con su comportamiento cualitativo, escribiendo textos matemáticos mediante la redacción científica, para aportar al conocimiento en el área de la biomatemática.

Para contribuir al desarrollo de esta competencia se orientará la asignatura al aprendizaje y la profundización sobre el estudio de las propiedades de las ecuaciones diferenciales parciales mediante la clase magistral.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de ecuaciones diferenciales parciales, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.</p> <p>Comunicar efectivamente propiedades ecuaciones diferenciales parciales, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p>	<p>Adaptar argumentos, de manera coherente, para demostrar propiedades de ecuaciones en derivadas parciales de primer y segundo orden en el ámbito de la biomatemática.</p> <p>Comunicar efectivamente propiedades de las ecuaciones en derivadas parciales de primer y segundo orden, mediante demostraciones matemáticas, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p>	<p>Unidad 1: Introducción a las ecuaciones en derivadas parciales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Conceptos básicos: Ecuación diferencial Parcial de orden <math>k</math>, lineal, semilineal, casi lineal y no lineal. Ejemplos.</li> <li>● Las ecuaciones en derivadas parciales en las ciencias.</li> <li>● Ecuaciones en derivadas parciales cuasilineales de primer orden.</li> <li>● El problema de Cauchy. El método de las características.</li> <li>● Soluciones generales. La ecuación de Transporte y la ecuación de Burgers.</li> </ul> <p>Unidad 2: Ecuaciones diferenciales parciales lineales de segundo orden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Clasificación de las Ecuaciones Diferenciales Parciales de segundo orden de dos variables independientes.</li> <li>● Clasificación por características, formas canónicas y soluciones generales.</li> <li>● Casos particulares: Ecuaciones de tipo hiperbólico, ecuaciones de tipo parabólico, ecuaciones de tipo elíptico.</li> <li>● Planteamiento de problemas para Ecuaciones Diferenciales Parciales de segundo orden.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Condiciones iniciales y condiciones de frontera.</li> <li>● Método de separación de variables y sus aplicaciones a: la ecuación del calor, ecuación de la onda y ecuación de Laplace.</li> </ul> <p>Unidad 3: Comportamiento cualitativo de las ecuaciones diferenciales de segundo orden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● La ecuación de la onda. Fórmula de D'Alembert. Propagación con velocidad finita.</li> <li>● Conservación de energía. Estudio de problemas con reflexiones. La ecuación del calor. Principio del máximo y unicidad.</li> <li>● Propagación con velocidad infinita. Solución Fundamental. La ecuación de Laplace.</li> <li>● Principio del máximo, unicidad y propiedad del valor medio. Funciones Armónicas.</li> <li>● Lema de Hopf. Fórmula de Poisson. Desigualdad de Harnack. Funciones de Green. Autovalores y autofunciones del operador Laplaciano en una y dos dimensiones y sus propiedades.</li> </ul>
--	--	--

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Tareas. (40%)

Pruebas escritas. (60%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

McOwen, R. C. (2003). *Partial Differential Equations. Methods and Applications*. 2ed, Prentice Hall.

Evans, L. C. (2010). *Partial Differential Equations, 2ed*. Graduate Studies in Mathematics, Vol.19, AMS.

### **Complementaria:**

Ladýzhenskaya, O. A., Uraltseva, N. N. (1968). *Linear and Quasilinear Elliptic Equations*. Academic Press.

Olver, P. J. (2014). *Introduction to Partial Differential Equations*. Springer.

Jost, J. (2002). *Partial Differential Equations*. Graduated text in Mathematics, Springer.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Métodos Numéricos Avanzados y sus Aplicaciones					
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente					
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática					
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática					
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva		
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>	
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6					
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72				
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8	
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>						

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Métodos Numéricos Avanzados y sus Aplicaciones tiene como objetivo "Resolver problemas aplicando métodos numéricos avanzados para aproximar soluciones de ecuaciones diferenciales parciales, mediante la demostración de propiedades y el uso de librerías computacionales para realizar simulaciones numéricas, en el ámbito de la biomatemática."

Con este curso se pretende desarrollar las competencias matemáticas, mediante la aplicación de métodos numéricos avanzados y sus aplicaciones, utilizando la demostración de propiedades de aproximación de soluciones de métodos de diferencias finitas, elementos finitos, volúmenes finitos y sin malla, y el pensamiento computacional orientado al campo de la biomatemática para aportar conocimiento en los ámbitos de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales y la profundización sobre el estudio de métodos numéricos avanzados.

Esta asignatura tributa a las líneas de Modelamiento Estructural en Biomatemática y Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.
- Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante métodos numéricos avanzados y de programación a la demostración de propiedades de modelos matemáticos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.	Demostrar propiedades de métodos de diferencias finitas, elementos finitos, volúmenes finitos y sin malla, mediante el desarrollo de argumentos sólidos, para contribuir al conocimiento en el ámbito de la biomatemática.	Unidad 1: Métodos de diferencias finitas. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción.</li> <li>● Presentación del método de diferencias finitas. Convergencia, coherencia y estabilidad. Condición de Courant-Friedrichs-Lewy. Análisis de estabilidad de von Neumann.</li> <li>● Ecuaciones hiperbólicas. Resultados clave. Esquemas numéricos para resolver la ecuación de transporte. Ecuación de onda.</li> <li>● Ecuaciones elípticas. Ecuación de Poisson.</li> <li>● Ecuaciones parabólicas. Ecuación de calor</li> </ul>
Comunicar efectivamente propiedades de los modelos, mediante métodos numéricos avanzados y de programación, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.	Crear demostraciones novedosas de propiedades de métodos de diferencias finitas, elementos finitos, volúmenes finitos y sin malla, en modelos del ámbito de la biomatemática, escribiendo según el estándar de la redacción científica.	Unidad 2: Método de elementos finitos (MEF). <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción.</li> <li>● Métodos unidimensionales de elementos finitos.</li> <li>● Métodos bidimensionales de elementos finitos.</li> <li>● Procedimiento general del método.</li> </ul>
Construir scripts de prueba, utilizando diversos lenguajes de programación, aplicando conceptos matemáticos avanzados, para establecer relaciones entre los comportamientos de sistemas biológicos.	Construir scripts de prueba utilizando librerías computacionales en la elaboración de modelos que requieren de métodos numéricos avanzados, que resuelvan problemas relacionados con el comportamiento de sistemas biológicos, buscando regularidades.	Unidad 3: Métodos de volumen finito. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción.</li> <li>● Método de volúmenes finitos (MVF). Propiedades de conservación del método. Las etapas del método.</li> </ul>
Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para generar simulaciones numéricas y gráficos de modelos del comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en	Construir scripts, que permitan realizar una simulación numérica y la representación gráfica de los resultados, mediante modelos matemáticos que requieren de métodos numéricos avanzados, en el	

<p>los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.</p>	<p>ámbito de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.</p>	<p>Convergencia, consistencia y estabilidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● MVF bidimensional. Ecuación de convección-difusión.</li> <li>● Esquema de diferenciación central.</li> <li>● Esquema upwin descentrado.</li> <li>● Esquema híbrido.</li> </ul> <p>Unidad 4: Métodos sin malla.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción.</li> <li>● Limitaciones del MEF y motivación del método sin malla.</li> <li>● Bases de los métodos sin malla. Kernel, completitud y partición de la unidad.</li> <li>● Método sin malla. Teoría y aproximación de mínimos cuadrados móviles.</li> <li>● Ejemplos numéricos.</li> </ul>
---	---	--

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales, como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Redacción de informes de investigación. (25%)

Presentación oral de informes de investigación. (50%)

Presentación de artículos científicos relevantes. (25%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Radi, B., El Hami, A. (2018). *Advanced Numerical Methods with Matlab 2: Resolution of Nonlinear, Differential and Partial Differential Equations (Mathematical and Mechanical Engineering, 7)*. 1st Edición, USA, Wiley & Sons, Inc.

Singh, H., Singh, J., Purohit, S. D., Kumar, D. (2021). *Advanced Numerical Methods for Differential Equations: Applications in Science and Engineering*. USA, CRC Press.

### **Complementaria:**

Brugnano, L. and Lavernaro, F. (2019). *Advanced Numerical Methods in Applied Sciences*. Switzerland, Mdpi AG.

Cerrolaza, M., Shefelbine, S. and Garzón-Alvarado, D. (2017). *Numerical Methods and Advanced Simulation in Biomechanics and Biological Processes*. 1st Edición, USA, Academic Press.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Modelamiento Estocástico de Enfermedades Infecciosas				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Modelamiento Estocástico de Enfermedades Infecciosas tiene como objetivo "Analizar modelos estocásticos, y aplicarlos a la resolución de problemas relacionados con la propagación de enfermedades infecciosas, mediante la demostración de propiedades y la representación de estos modelos con herramientas computacionales."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia matemática mediante la comparación entre los modelos determinísticos y los estocásticos, la convergencia de modelos epidémicos Markovianos, el análisis de modelos epidémicos en poblaciones estructuradas y en redes complejas, para aportar al conocimiento de la matemática aplicada, al análisis cualitativo y cuantitativo de los modelos estocásticos. Por otra parte, la competencia computacional, mediante la creación de scripts que permitan comprender estos modelos mediante simulaciones numéricas y sus representaciones gráficas.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales, la profundización sobre el estudio de diferentes propiedades de modelos que representan problemas epidemiológicos, desarrollando una correcta escritura simbólica acorde a los estándares de la redacción científica.

Esta asignatura tributa a las líneas de Modelamiento Estructural en Biomatemática y Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

- Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de modelos estocásticos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.</p> <p>Comunicar efectivamente propiedades de los modelos estocásticos, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p> <p>Construir scripts de prueba, utilizando diversos lenguajes de programación, aplicando conceptos matemáticos avanzados sobre modelos estocásticos, para establecer relaciones entre los comportamientos de sistemas biológicos.</p> <p>Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para generar simulaciones numéricas y gráficos de modelos estocásticos que describen el comportamiento de sistemas</p>	<p>Demostrar propiedades de modelos estocásticos, mediante el desarrollo de argumentos sólidos, para contribuir al conocimiento en el ámbito de la biomatemática.</p> <p>Crear demostraciones novedosas de propiedades de modelos estocásticos del ámbito de la biomatemática, escribiendo según el estándar de la redacción científica.</p> <p>Construir scripts de prueba utilizando librerías computacionales para estudiar modelos estocásticos que resuelvan problemas relacionados con el comportamiento de sistemas biológicos, buscando regularidades.</p> <p>Construir scripts, que permitan realizar una simulación numérica y la representación gráfica de los resultados de los modelos estocásticos, en el ámbito de la sustentabilidad</p>	<p>Unidad 1: Introducción al modelamiento estocástico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelos determinísticos versus estocásticos</li> <li>● Modelo SIR de Reed-Frost en poblaciones homogéneamente mezcladas</li> <li>● Proceso de Ramificación</li> <li>● Acoplamiento</li> <li>● <math>R_0</math> y Probabilidad de un brote epidémico de larga escala</li> <li>● Tamaño final de una epidemia</li> </ul> <p>Unidad 2: Convergencia de Modelos Epidemicos Markovianos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelos determinísticos</li> <li>● Ley de los grandes números</li> <li>● Teorema Central del Límite</li> <li>● Aproximación por difusión</li> </ul> <p>Unidad 3: Modelos epidémicos en Poblaciones Estructuradas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modelos con dos niveles de mezclas. Ejemplos.</li> <li>● Representación de grafo aleatorio para la epidemia</li> <li>● Conjuntos de susceptibilidad</li> <li>● Aproximación para estagios iniciales</li> </ul>

<p>biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.</p>	<p>económica, ambiental o social del país.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● R_0 y Probabilidad de un brote epidémico de larga escala</li> <li>● Tamaño Final de la epidemia</li> </ul> <p>Unidad 4: Modelos epidémicos en redes complejas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Grafos aleatorios tipo configuration model</li> <li>● Modelo Epidémico SIR en un grafo aleatorio</li> <li>● Aproximación por el abordaje de Miller y Volz</li> <li>● Tamaño Final de la Epidemia</li> <li>● Ley de los grandes números</li> </ul>
---	--	--

#### V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas matemáticos y computacionales, como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

#### VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Redacción de informes de artículos científicos relevantes. (30%)

Presentación oral de informes de investigación. (30%)

Resolución y entrega de guías de ejercicios bimensuales (20%)

Entrega de tareas de desarrollo de scripts para simulación numérica de modelos epidémicos (20%)

#### VII. BIBLIOGRAFÍA

##### Básica:

Britton, T., Pardoux, E. (2019). *Stochastic Epidemic Models with Inference (Lecture Notes in Mathematics)*. Springer.

Bjørnstad, O. N. (2022). *Epidemic models and data using R (Series Use R!)*. Springer.

**Complementaria:**

Andersson, H., Britton, T. (2000). *Stochastic Epidemic Models and Their Statistical Analysis (Lecture Notes in Statistics, 151)*. Springer.

Kiss, I., Miller, J., C.; Simon, P. L. (2017). *Mathematics of Epidemic on Network: From Exact to Approximate Models (Interdisciplinary applied Mathematics)*. Springer.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Introducción a la Teoría de Semigrupos				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	X	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Introducción a la Teoría de Semigrupos tiene como objetivo "Analizar propiedades de modelos matemáticos, basados en la teoría de semigrupos, mediante la demostración de propiedades, en el ámbito de la biomatemática."

Con este curso se pretende desarrollar la competencia matemática, mediante la demostración de propiedades de problemas de Cauchy, semigrupos uniformemente continuos y fuertemente continuos, escribiendo textos matemáticos mediante la redacción científica, para aportar al conocimiento en los ámbitos de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.

Para contribuir al desarrollo de esta competencia se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas y la profundización sobre el estudio de las propiedades de la teoría de semigrupos.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Dinámico en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
<p>Desarrollar argumentos sólidos y coherentes, mediante la demostración de propiedades de modelos matemáticos empleando la teoría de semigrupos, que contribuyan al conocimiento en el área de la biomatemática.</p> <p>Comunicar efectivamente propiedades de los modelos estudiados con la teoría de semigrupos, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.</p>	<p>Demostrar propiedades de semigrupos uniformemente continuos y fuertemente continuos y sus aplicaciones, mediante el desarrollo de argumentos sólidos, para contribuir al conocimiento en el ámbito de la biomatemática.</p> <p>Crear demostraciones novedosas de propiedades, empleando la teoría de semigrupos, de modelos del ámbito de la biomatemática, escribiendo según el estándar de la redacción científica.</p>	<p>Unidad 1: Problema de Cauchy de Primer Orden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ecuación funcional</li> <li>● Motivación desde el caso escalar.</li> <li>● Caso matricial. Representación, propiedades y ejemplos.</li> </ul> <p>Unidad 2: Semigrupos Uniformemente Continuos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Generación y representación.</li> <li>● Propiedades y Ejemplos</li> </ul> <p>Unidad 3: Semigrupos Fuertemente Continuos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Propiedades Básicas</li> <li>● Ejemplos</li> <li>● Teorema de Generación de Hille-Yosida.</li> </ul> <p>Unidad 4: Aplicaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Estudio de la ecuación de calor en versión continua y discreta.</li> <li>● Fórmula de Balakrishnan para potencia de operadores.</li> <li>● Semigrupos Markovianos.</li> <li>● Principio de subordinación para semigrupos generados por potencias fraccionarias de operadores.</li> </ul>

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos.

Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

Redacción de informes de investigación. (25%)

Presentación oral de informes de investigación. (50%)

Exposición oral de artículos científicos relevantes. (25%)

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Engel, K., Nagel, R. (2000). *One-Parameters semigroups for linear evolution equations*. Springer-Verlag, Berlin.

Pazy, A. (1983). *Semigroups of linear operators and applications to partial differential equations*. Springer-Verlag, New York.

### **Complementaria:**

Bazhlekova, E. (2001). *Fractional evolution equations in Banach spaces*. Ph.D Thesis, Eindhoven University of Technology..

Arendt, W. , Batty, C., Hieber, M., Neubrander, F. (2001). *Vector-valued Laplace Transforms and Cauchy Problems*. Monographs in Mathematics. 96. Birkhauser, Basel.

## I. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

<b>Nombre</b>	Teoría de Organizaciones Químicas				
<b>Facultad</b>	Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente				
<b>Departamento / Unidad</b>	Matemática				
<b>Programa</b>	Magíster en Biomatemática				
<b>Código</b>			<b>Tipo de actividad</b>	Electiva	
<b>Modalidad</b>	<b>Presencial</b>	x	<b>Semipresencial</b>		<b>A distancia</b>
<b>Créditos SCT-Chile</b>	6				
<b>Horas Pedagógicas</b>	<b>Totales</b>	72			
	<b>Semanales</b>	<b>Horas de Trabajo Directo</b>	4	<b>Horas de Trabajo Autónomo</b>	8
<b>Requisito (Si los hubiese)</b>					

## II. DESCRIPCIÓN

El electivo Teoría de Organizaciones Químicas tiene como objetivo "Analizar la estructura de los procesos de organización en redes de reacciones químicas, evaluando, mediante argumentos matemáticos y computacionales, su pertinencia y validez, aplicándolos en la investigación bioquímica y biológica."

Con este curso se pretende desarrollar competencias matemáticas mediante el estudio del análisis relacional, estequiométrico, y dinámico de las redes de reacciones, de forma cuantitativa y cualitativa, entendiendo su fundamentación. Por otra parte, desarrollar y fortalecer la competencia computacional, mediante la relación entre la representación de modelos matemáticos relacionados a la organización química de manera simbólica, con sus scripts y realizando simulaciones numéricas, predicciones y estimaciones sobre el comportamiento de las organizaciones en redes de reacciones.

Para contribuir al desarrollo de estas competencias, se orientará la asignatura al aprendizaje basado en problemas, la profundización sobre el estudio de diversas redes de reacciones y sus propiedades, desarrollando una correcta escritura simbólica acorde a los estándares de la redacción científica, con la participación del estudiante en sus procesos de evaluación, mediante la autoevaluación y coevaluación.

Esta asignatura tributa a la línea de Modelamiento Estructural en Biomatemática.

## III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE GRADO

Esta actividad curricular contribuye al logro de la(s) siguiente(s) competencia(s) del perfil de grado:

- Evaluar el planteamiento de modelos matemáticos, a partir de hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes, mediante la determinación del comportamiento cuantitativo y cualitativo de dichos modelos para asistir a la toma de decisión informada con base en argumentación teórica y técnicas de matemática aplicada.

- Utilizar herramientas computacionales en el planteamiento de modelos matemáticos para predecir y estimar el comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.
- Demostrar propiedades de modelos matemáticos, apoyándose en la argumentación teórica para contribuir al conocimiento en el área de la biomatemática mediante documentos empleando técnicas de redacción científica.

#### IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y CONTENIDOS

RESULTADO(S) DE APRENDIZAJE	INDICADORES DE LOGRO	CONTENIDOS
Tomar decisiones a partir de la información obtenida, mediante herramientas matemáticas pertinentes, de los modelos matemáticos de redes de reacciones químicas, datos cuantitativos y cualitativos obtenidos mediante su análisis relacional y estequiométrico, de manera fundamentada.	Evaluar la pertinencia y utilidad de las herramientas matemáticas utilizadas en diferentes modelos, mediante el análisis de la información obtenida, a partir de los modelos de reacciones químicas y su análisis relacional y estequiométrico.	<p>Unidad 1: Introducción a las redes de reacciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Redes de reacciones.</li> <li>● Dinámica y estructura.</li> <li>● Redes grandes y computabilidad.</li> <li>● Resumen Teoría de Organizaciones químicas.</li> </ul> <p>Unidad 2: Análisis relacional de redes de reacciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● La estructura de subredes cerradas.</li> <li>● Sinergias y generadores.</li> <li>● Red de reacciones de segundo orden.</li> <li>● Aspectos computacionales.</li> </ul> <p>Unidad 3: Análisis estequiométrico de redes de reacciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Especies sobreproducidas y catalizadores.</li> <li>● Conos de procesos.</li> <li>● Conexión dinámica entre especies.</li> <li>● Teorema de descomposición.</li> </ul> <p>Unidad 4: Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Bioquímica e inicio de la vida.</li> </ul>
Argumentar y comunicar, de manera crítica y fundamentada, la problemática, la metodología y los resultados obtenidos a partir de los modelos matemáticos de redes de reacciones, su análisis y aplicaciones.	Discriminar, de manera crítica y fundamentada, la pertinencia y los alcances de las metodologías escogidas por diferentes investigadores, para el modelamiento de redes de reacciones, sus aplicaciones y conclusiones, a partir del análisis de los resultados obtenidos.	
Construye scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para generar simulaciones numéricas y gráficos de modelos de redes de reacciones para el análisis del comportamiento de sistemas biológicos, a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	Construir scripts, que permitan realizar una simulación numérica y la representación gráfica de los resultados, mediante modelos matemáticos en problemáticas relacionadas con la sustentabilidad a escala celular, entre especies, comunidades y sociedades, modelando mediante redes	

	organizacionales sus interacciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Emergencia de la cooperación.</li> <li>● Comunidades ecológicas.</li> <li>● Epidemiología compleja.</li> </ul>
Construir scripts, utilizando librerías de un lenguaje de programación para resolver problemas complejos, mediante la predicción y estimación del comportamiento de sistemas biológicos, sus interacciones y organización a fin de aportar en los ámbitos de sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	Construir scripts, que permitan realizar predicciones y estimaciones sobre propiedades de modelos matemáticos de redes de organizaciones químicas, relacionados con la sostenibilidad de sistemas ecológicos y sociales, en el ámbito de la sustentabilidad económica, ambiental o social del país.	Unidad 5: Evolución de la resiliencia. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Movimiento entre organizaciones.</li> <li>● Resiliencia local y global.</li> </ul>
Comunicar efectivamente propiedades de los modelos, escribiendo demostraciones con lenguaje simbólico propio de la matemática usados en artículos de biomatemática que describen la estructura y propiedades de redes de reacciones, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.	Comunicar efectivamente propiedades de modelos matemáticos, mediante demostraciones matemáticas, referentes a la teoría de organizaciones químicas, siguiendo las convenciones y estándares de la redacción científica.	

## V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

*Método expositivo centrado en los/as estudiantes, que consiste en la acción de comunicar los conocimientos a través de explicar argumentos en tiempo real:* La Teoría de Organizaciones Químicas se construye a través de una serie de conceptos que tienen una modelización matemática en el contexto de las redes de reacciones. Dado que dichos corresponden a propiedades matemáticas de la red de reacciones, por lo que la exposición del contenido va gradualmente aumentando su complejidad y dependencia con el contenido anterior.

*Aprendizaje basado en problemas como punto de partida para integrar conocimientos:* Para fijar el conocimiento de los conceptos de la Teoría de Organizaciones Químicas, es necesario utilizar ejemplos de redes de reacciones y que el alumno sea capaz de detectar si se presentan o no los conceptos introducidos en dichas redes, así como ser capaz de construir redes que tengan o no dichas propiedades. Por lo tanto, el curso contempla actividades de solución de dichos problemas contextualizados en fenómenos biológicos específicos.

## VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN

**Pruebas (50%):** la primera prueba a mitad del curso y la segunda prueba al final del curso.

*Ponderaciones:*

- Primera prueba 25%.
- Segunda prueba 25%.

**Informe escrito (20%):** el informe debe ser entregado al final del curso.

*Ponderaciones:*

- Calificación del docente 8%
- Coevaluación: evaluación de dos pares 8%
- Autoevaluación 4%

**Tareas de investigación utilizando librerías computacionales (30%):** entrega seis tareas, una tarea cada dos semanas aproximadamente. La primera tarea se entrega la segunda semana

*Ponderaciones:*

- 6 tareas 5% cada una.

(Librerías computacionales disponibles en [www.github.com/tveloz/pyCOT](http://www.github.com/tveloz/pyCOT)).

## VII. BIBLIOGRAFÍA

### **Básica:**

Dittrich, P., & Di Fenizio, P. S. (2007). Chemical organisation theory. *Bulletin of mathematical biology*, 69, 1199-1231.

Veloz, T., & Razeto-Barry, P. (2017). Reaction networks as a language for systemic modeling: Fundamentals and examples. *Systems*, 5(1), 11.

### **Complementaria:**

Veloz, T. (2020). The complexity–stability debate, chemical organization theory, and the identification of non-classical structures in ecology. *Foundations of Science*, 25(1), 259-273.

Veloz, T., Razeto-Barry, P., Dittrich, P., & Fajardo, A. (2014). Reaction networks and evolutionary game theory. *Journal of mathematical biology*, 68, 181-206.

Veloz, T., & Razeto-Barry, P. (2017). Reaction networks as a language for systemic modeling: On the study of structural changes. *Systems*, 5(2), 30.

## **ANEXO REGLAMENTO INTERNO DEL PROGRAMA**

### **REGLAMENTO DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO:**

#### **“Magíster en Biomatemática”**

Para el Programa de Estudios aprobado por Resolución Exenta N° [número] de [fecha]

### **TÍTULO I**

#### **DISPOSICIONES GENERALES**

##### **ARTÍCULO 1°**

El presente Reglamento establece las normas básicas y operativas para la administración del Programa, el diseño del plan y programas de actividades del Magíster en Biomatemática aprobado por resolución [NÚMERO Y FECHA].

##### **ARTÍCULO 2°**

Este Reglamento se aplicará sin perjuicio de las normas contenidas en el Reglamento General de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana, en adelante el Reglamento de Postgrado, el de Disciplina Estudiantil y el General de Facultades. Las situaciones no contempladas en este Reglamento serán resueltas en primera instancia por el/la Director/a del Programa en conjunto con el Comité Académico, en segunda instancia por el/la Director/a del Programa conjuntamente con el Director de la Escuela de Postgrado, y en tercera instancia por el/la Vicerrector/a Académico, previo informe enviado por el Coordinador y/o Director del Programa respectivo.

### **TÍTULO II**

#### **DE LOS OBJETIVOS DEL PROGRAMA Y PERFIL DE EGRESO**

##### **ARTÍCULO 3°**

El programa de Magíster en Biomatemática tiene como objetivo general formar especialistas con grado de magíster con fuerte base teórica y metodológica, capaces de desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país y la región.

##### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Fortalecer el trabajo en equipo, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.

Aportar a la generación de conocimiento del ámbito de la matemática aplicada a los sistemas biológicos, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico o sector productivo, con énfasis en el desarrollo sustentable con responsabilidad social.

#### **ARTÍCULO 4°**

La persona graduada del Magíster en Biomatemática de la Universidad Tecnológica Metropolitana es un especialista que domina en un nivel avanzado la teoría y las técnicas de la matemática aplicada, siendo capaz de modelar y analizar matemáticamente sistemas biológicos, aportando con ello a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

El dominio en matemática le permite aplicar principios teóricos-matemáticos para interpretar e inferir resultados en base a categorías en el marco de las líneas de investigación Modelamiento Dinámico o Modelamiento Estructural en Biomatemática. Asimismo, su formación disciplinar y en el uso de tecnología le capacita en la aplicación de programas de simulación computacional de modelos matemáticos con el fin de explorar, conjeturar y predecir comportamientos de sistemas biológicos.

Su manejo conceptual y taxonómico especializado le permite interactuar con matemáticos y biólogos, facilitando su inserción y trabajo colaborativo en equipos de investigación, desarrollo e innovación en las líneas de investigación declaradas por el programa.

El o la especialista puede insertarse en equipos de investigación en la academia y sector productivo, en actividades de docencia universitaria, en labores de divulgación científica y la continuidad de estudios a nivel doctoral en las disciplinas de Matemática Aplicada, Biomatemática, Informática Aplicada y otras afines.

### **TÍTULO III**

#### **DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS**

#### **ARTÍCULO 5°**

El Programa de Estudio es el conjunto de actividades estructuradas en un Sistema Curricular, organizadas para la obtención, por parte del estudiante, del grado académico de Magíster en Biomatemática.

Las actividades que conforman al Sistema Curricular son aquellas conducentes a adquirir habilidades, competencias y resultados de aprendizajes esperados, de acuerdo con el perfil de egreso señalado en el artículo 4°.

#### **ARTÍCULO 6°**

Cada actividad curricular señalada en el artículo anterior será registrada en un acta de notas, firmada por el Encargado de la Actividad y por el/la Director/a del Programa. Dichas actas deberán ser remitidas a la Dirección de Escuela de Postgrado, que a su vez las remitirá a la Dirección de Docencia para su resguardo y registro oficial. Todo ello en conformidad a lo señalado en el artículo 22 del Reglamento General de Postgrado, sin perjuicio del sistema de registro curricular utilizado por la Institución.

## **ARTÍCULO 7°**

Toda modificación al programa de estudios será propuesta por la unidad responsable a las autoridades superiores conforme al conducto regular y reglamentario definido en Reglamento General de Postgrado, en sus artículos 44 y siguientes.

## **TÍTULO IV**

### **DE LA ADMINISTRACIÓN DEL PROGRAMA**

## **ARTÍCULO 8°**

La administración, coordinación y control del cumplimiento del programa, corresponderá a el/la Director/a del Programa, en conjunto con el Claustro del Programa y el Comité Académico del Programa. Todo ello según las atribuciones y competencias que corresponden a cada uno de estos órganos, los que se encuentran descritos y enumerados en los artículos 23 y siguientes, del Reglamento General de Postgrado.

Se propone el siguiente esquema de gobernanza:

El Comité Académico del programa es un organismo colegiado formado por el director del programa más cuatro miembros del Claustro elegidos por sus pares. Las funciones del Comité Académico del programa serán las descritas en el Reglamento General de Postgrado.

Además, el Comité Académico del programa deberá anualmente convocar una reunión de gestión, donde participe el/la Decano/a de la Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente, y es deseable la participación de los/as Directores/as de los Departamentos de Matemática, Biotecnología y Física. En esta reunión se tomarán los acuerdos pertinentes para garantizar los recursos humanos y de infraestructura de las diferentes unidades implicadas en el desarrollo del programa de magíster.

El cuerpo académico del programa contará con:

Académicos/as claustro: son Profesores Jornada Completa de la universidad, quienes deben tener líneas de investigación activas en el ámbito de especialización del programa, demostrables a través de publicaciones científicas y patentes, participación activa en proyectos de investigación, y experiencia en dirección de tesis, según exigencias del comité de área de la CNA. Los/las académicos/as del claustro tendrán dedicación acorde a la cantidad de horas requeridas en las actividades de docencia, dirección de tesis y administración del magíster.

Académicos/as colaboradores: quienes deben ser académicos/as que tienen una dedicación parcial al programa, como, por ejemplo, profesores de asignaturas específicas.

Académicos/as visitantes: académicos/as externos/as a la universidad, quienes deben ser invitados/as a realizar actividades específicas dentro del programa y cumplan los criterios de productividad según exigencias de área de la CNA.

El programa, mediante su comité académico, deberá velar anualmente la pertinencia de su cuerpo académico mediante la evaluación de su trayectoria. La solicitud de incorporación de nuevos académicos al cuerpo del programa podrá realizarse en cualquier momento del año, mediante una presentación formal del currículum a la dirección. La trayectoria académica considera tanto la jerarquía académica como el nivel de publicaciones científicas y patentes, participación activa en proyectos de investigación y experiencia en dirección de tesis. La trayectoria académica de los/las académicas/os que conforman el cuerpo del programa debe situarse en una mayor proporción en el ámbito de especialidad del programa, siendo consistentes con las líneas de investigación definidas en las que se espera formar a los estudiantes. Además, el programa contará con un procedimiento de evaluación del desempeño docente de los profesores, que mide las competencias genéricas asociadas al proceso de enseñanza y aprendizaje, los medios utilizados y, el cumplimiento formal del programa y calendario preestablecido. Este procedimiento incluye una consulta a los estudiantes del programa.

El/la Director/a del programa de magíster y el 50 % del comité académico podrá ser reemplazado cada dos años, mediante votación simple del claustro de académicos.

## **TÍTULO V**

### **DEL PERFIL DE INGRESO Y SELECCIÓN**

#### **ARTÍCULO 9°**

El Programa de Magíster en Biomatemática está dirigido a personas con grado de Licenciatura o Título profesional Universitario, cuya formación cumpla con un ciclo básico de matemática que sea compatible con los requisitos del programa, explicada en el perfil de ingreso y confirmada por el Comité Académico del Programa. Excepcionalmente, los interesados que posean una Licenciatura o Título Profesional pero que no cumplieran con el criterio de formación académica, pueden igualmente postular en caso de tener antecedentes académicos destacados y haber desarrollado previamente investigación en biomatemática.

#### **ARTÍCULO 10°**

De la postulación. Las fechas de postulación y selección de nuevos estudiantes a los programas, serán definidas de acuerdo con el Calendario Académico de Postgrado. Los postulantes, además de cumplir con los requisitos generales de postulación fijados por la Escuela de postgrado, deberán cumplir con los siguientes requisitos específicos de este Programa:

##### Requisitos de admisión

Para optar al programa de magíster cada postulante debe estar en posesión del grado académico de Licenciatura o Título profesional equivalente de cuatro o más años de estudio en Universidades reconocidas por el Ministerio de Educación de Chile o su escala equivalente para postulantes de origen extranjero, cuya formación cumpla con un ciclo básico de matemática que sea compatible con los requisitos del programa explicado en el perfil de ingreso.

Excepcionalmente, los interesados que posean una Licenciatura o Título Profesional pero que no cumplieran con el criterio de formación académica, pueden igualmente postular en caso de tener antecedentes académicos destacados y haber desarrollado previamente investigación en biomatemática. Esta excepción debe ser por acuerdo unánime del Comité Académico del magíster.

Los y las postulantes deben presentar una solicitud de admisión, completando un formulario de postulación on-line, donde deberán subir los siguientes documentos:

1. Certificado de grado académico de licenciatura o título profesional equivalente en las áreas de Ingeniería, Licenciatura en Matemática o Física u otra afín, legalizado ante notario.
2. Cédula de identidad o pasaporte en el caso de extranjeros.
3. Curriculum vitae, en formato institucional.
4. Concentración de notas de Licenciatura o Título profesional y si corresponde, concentración de notas de Magíster, indicando el sistema de medición empleado en la institución donde realizó sus estudios.
5. Opcionalmente, certificados de cursos o diplomas afines declarados en el currículum.
6. Dos cartas de recomendación de académicos universitarios.
7. Carta de motivación a la investigación donde se evidencie la relación con alguna línea de investigación que se quiere seguir dentro del programa.

El postulante no requiere certificado que acredite su capacidad de comprensión lectora en idioma inglés, sin embargo, esta habilidad es deseable para la lectura de artículos y libros de índole científica.

## **ARTÍCULO 11°**

### Proceso de selección

La selección académica de los postulantes estará a cargo del Comité Académico del Programa, la que se realizará mediante un procedimiento objetivo de asignación de puntaje, estableciendo un puntaje mínimo de admisión que operará independientemente del número de vacantes ofertadas.

Las etapas del proceso de selección corresponden a las siguientes:

- a) Período de recepción de antecedentes;
- b) Preselección;
- c) Selección;
- d) Resolución.

a) Período de recepción de antecedentes. Proceso donde los interesados deben completar el formulario de postulación on-line, disponible en el sitio web institucional y adjuntar la documentación de acuerdo con los formatos y las fechas programadas.

b) Preselección. Proceso donde el comité académico del programa analiza los antecedentes académicos y profesionales presentados, identifica las postulaciones admisibles, y evalúa los antecedentes de acuerdo con la pauta de selección de esta etapa. Los resultados de la preselección se informarán a los postulantes una semana después del cierre de postulaciones.

Criterios de evaluación para la preselección:

Antecedentes académicos: Notas de excelencia obtenidas en pregrado o postgrado (Puntaje máximo 25 pts.)

Antecedentes profesionales: Experiencia docente (alumno ayudante, profesor) y Experiencia en investigación (Participación en proyectos de investigación, presentaciones en congresos, artículos publicados) (Puntaje máximo 25 pts.)

Cartas de recomendación: Nivel académico de quien lo recomienda, relación con el o la estudiante, declaración de aptitudes personales y académicas, recomendación general (Puntaje máximo 15 pts.)

Carta de motivación a la investigación: Claridad y coherencia de la motivación por investigación, pertinencia al proyecto (Puntaje máximo 10 pts.)

Serán preseleccionados los y las postulantes que logren un puntaje igual o superior a 45 pts, y se informará mediante correo electrónico con el detalle de la evaluación obtenida.

c) Selección. Consiste en una entrevista con el comité académico del programa. La entrevista puede ser presencial o virtual con fecha y hora informada por el programa al entregar los resultados de la primera etapa de selección.

Criterios de evaluación para la selección:

Entrevista con el comité académico: Motivación para cursar el magíster, trayectoria académica, las razones por que desea realizar el magíster y la relevancia de contar con estudios de magíster para el avance de su carrera (Puntaje máximo 25 pts.)

Serán seleccionados/as los /as postulantes que hayan obtenido los más altos puntajes, en número igual al cupo establecido por la resolución de dictación aprobada para el programa. En caso de que el número de postulantes elegibles sea menor a los cupos disponibles, la diferencia será considerada como cupos vacantes.

d) Resolución. El resultado de la selección será informado a todos los postulantes mediante comunicado oficial de el/la Director/a del Programa enviado por correo electrónico, en donde se incluirá la evaluación y puntuación obtenida en el proceso. Para aquellos estudiantes seleccionados en el programa, se les solicitará formalizar su matrícula en la UTEM, en donde deberán cumplir con los trámites necesarios, y así obtener la calidad de Estudiante de Postgrado de acuerdo con el Reglamento General de Posgrado UTEM.

## TÍTULO VI

### DE LA EVALUACIÓN, PROMOCIÓN Y ASISTENCIA

#### ARTÍCULO 12°

La Evaluación de Actividades Curriculares se efectuará de la siguiente forma:

- a) Todas las actividades curriculares, exceptuando la actividad final de graduación, serán calificadas en escala de notas de 1 a 7.
- b) La nota mínima de aprobación de todas las actividades curriculares de Postgrado será de 5,0.
- c) Las notas serán expresadas con un decimal, usando el centésimo igual o superior a 5 para aumentar en una unidad el valor decimal. Para estos efectos no se considerará la milésima.
- d) El responsable de cada actividad curricular deberá declarar la metodología de evaluación, la que debe ser informada al estudiante al inicio de ella.

#### ARTÍCULO 13°

En cada una de las Actividades Curriculares se llevará un registro de asistencia. Además de la nota mínima de aprobación señalada en el artículo anterior, estas actividades tendrán asistencia obligatoria de un 80 % de dichas actividades.

El incumplimiento del porcentaje de asistencia a que se refiere el inciso anterior, será causal de reprobación de la actividad, independiente de la nota obtenida.

Los justificativos de inasistencia a las Actividades Curriculares se informarán por escrito mediante una carta dirigida a el/la Director/a del Programa. Junto a ella se acompañarán todos los medios de prueba que den fe de lo señalado por el alumno.

#### ARTÍCULO 14°

Las Actividades Curriculares que sean reprobadas por inasistencia, como consecuencia de la aplicación de lo dispuesto en el artículo precedente, se consignarán en el acta de calificaciones con la expresión "RI", equivalente a reprobado por inasistencia.

#### ARTÍCULO 15°

Existen Actividades Curriculares no conducentes a grado académico, cuya administración y difusión será oportunamente gestionada por el Comité Académico apoyado por la Escuela de Postgrado.

## TÍTULO VII

### DE LA CALIDAD DE ESTUDIANTE DE POSTGRADO

#### ARTÍCULO 16°

Serán Estudiantes de Postgrado, quienes hayan sido seleccionados en este Programa de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana y así mismo, hayan formalizado su matrícula mediante el procedimiento que esta Casa de Estudios dispone para ello.

De acuerdo con su situación, los estudiantes de postgrado se clasificarán en alguna de las siguientes categorías:

a) Estudiante Regular de Postgrado: Corresponde a aquel que ha cumplido con el pago y formalización de su matrícula anual y ha inscrito debidamente su carga académica correspondiente.

b) Estudiante de Postgrado en Interrupción Temporal: Corresponde a aquel que tiene aprobada su solicitud de interrupción temporal, según lo establecido en el artículo 18° del presente Reglamento y se encuentre dentro de los límites temporales de dicha interrupción.

c) Estudiante Egresado de Postgrado: Corresponde a aquel que ha aprobado todo el ciclo formativo contemplado en su Programa, restándole sólo la aprobación de la actividad final de graduación, según lo descrito en el artículo 23° del presente Reglamento.

d) Estudiante Graduado de Postgrado: Corresponde a aquel que ha aprobado todo el ciclo formativo contemplado en un Programa, incluyendo la actividad final de graduación. Para la certificación de dicha calidad, el estudiante deberá cumplir o regularizar, además, todas las obligaciones pecuniarias y administrativas adquiridas con la universidad.

e) Estudiante Eliminado de Postgrado: Corresponde a aquel que ha sido eliminado de un Programa, por haber incurrido en alguna de las Causales de Eliminación contempladas en el artículo 19° del presente Reglamento.

#### ARTÍCULO 17°

De los Derechos de los Estudiantes de Postgrado. Los Estudiantes de Postgrado tendrán los siguientes derechos:

a) Acceder a los reglamentos, normativas y programas que rigen sus estudios.

b) Que se respeten las condiciones ofrecidas en los respectivos contratos de prestación de servicios educacionales.

c) Que se cumplan los reglamentos académicos y administrativos del presente Programa.

d) Los estudiantes dispondrán de apoyo institucional para asistir a congresos, o a través de proyectos de los propios profesores. Para ello se hará uso de un plan anual de apoyo que será responsabilidad de la Escuela de Postgrado, según disponibilidad presupuestaria y en congruencia con las normativas vigentes.

e) El Programa contará con ayudantías de investigación dirigidas a los estudiantes, que facilitan la integración al trabajo en laboratorios o formar parte de proyectos de investigación externos o internos a cargo de profesores del claustro. La Universidad además podrá otorgar, en los casos que amerite, la rebaja o exención de aranceles.

#### **ARTÍCULO 18°**

Retiros Temporales. Los y las estudiantes de postgrado podrán solicitar interrupción temporal una sola vez durante el desarrollo de sus estudios, por un período máximo de dos semestres académicos. La solicitud deberá ser dirigida a el/la Director/a del Programa, quien la someterá a discusión del Comité Académico del Programa, para su posterior presentación a la Dirección de Docencia.

La no reincorporación dentro de los plazos establecidos, de un estudiante que se encuentre en retiro temporal, será causal de eliminación.

#### **ARTÍCULO 19°**

Causales de Eliminación.

Los y las estudiantes de postgrado serán eliminados de los respectivos programas por las siguientes causas:

a) Haber reprobado más de una actividad curricular en cualquier momento de la permanencia en el Programa o por segunda vez la misma actividad curricular.

b) No matricularse en el período correspondiente, lo cual será considerado abandono del Programa.

c) Haber sido sancionado con medida disciplinaria de expulsión, de acuerdo con el Reglamento de Disciplina Estudiantil de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

d) Haber sobrepasado el tiempo límite de permanencia en el Programa. Para todos los efectos, el tiempo límite de permanencia será del 50% sobre la duración nominal del mismo. El estudiante tendrá la posibilidad de solicitar excepcionalmente un período de gracia en caso de que se encuentre en su etapa de finalización de su actividad de graduación. Ello, a través de Carta dirigida a la Dirección de la Escuela de Postgrado, quien solicitará pronunciamiento del Consejo de Postgrado para su posterior presentación a Dirección de Docencia, en caso de ser rechazo el estudiante solicitará reconsideración a la VRAC.

e) Cualquier situación especial o no prevista respecto de los Retiros Temporales será resuelta por el Vicerrector Académico.

#### **ARTÍCULO 20°**

Los y las alumnas que caigan en las causales de eliminación señaladas en este título, podrán recurrir de apelación sobre dicha decisión, tal y como se indica en el inciso segundo del artículo 2° de este Reglamento, mediante carta fundada a Vicerrectoría Académica.

## TÍTULO VIII

### DEL RECONOCIMIENTO DE LAS ASIGNATURAS Y CONVALIDACIONES

#### ARTÍCULO 21°

Criterios Generales de Convalidación. Los Programas de Postgrado podrán incluir criterios de convalidación, de acuerdo con las siguientes normas mínimas generales:

- a) Podrán convalidarse actividades curriculares específicas de pregrado de esta Casa de Estudios, las que deberán corresponder al Ciclo de Especialización establecido en la Estructura Curricular fijada en el Modelo Educativo Institucional Vigente.
- b) No se podrán convalidar actividades curriculares de pregrado o postgrado que hayan sido aprobadas con nota menor a 5,0 o equivalentes en otras escalas de evaluación.
- c) No se podrán convalidar actividades cursadas con anterioridad a 5 años de la fecha de presentación de la solicitud.
- d) Las solicitudes serán resueltas por el Comité Académico del Programa, quien definirá y asignará una nota de convalidación en caso de ser aceptadas.
- e) Sin perjuicio de lo anterior, todo estudiante del presente programa deberá tener una permanencia activa mínima de 1 año, desarrollando y aprobando, al menos, un conjunto de actividades curriculares equivalente a 44 SCT-Chile, en el programa.
- f) La actividad de graduación no será convalidable en ningún caso.

#### ARTÍCULO 22°

Criterios específicos de Convalidación. Podrán convalidarse actividades curriculares cursadas en otros programas de Postgrado y/o articuladas con programas de Pregrado de la Universidad, de acuerdo con las siguientes normas o criterios:

- a) Se convalidarán programas de asignaturas de postgrado de universidades nacionales e internacionales, cuyos resultados de aprendizaje cumplan al menos con el 80% de los logros del Programa.
- b) Los documentos que acrediten estudios y títulos en el extranjero de Educación Superior deben ser previamente apostillados por la autoridad competente.

## TÍTULO IX

### DEL EGRESO Y LA GRADUACIÓN

#### ARTÍCULO 23°

El programa contempla una actividad final de graduación que consiste en una tesis original, que podría derivar en un trabajo publicado en una revista con Comité Editorial o en una revisión monográfica, acorde con el carácter académico del Magíster. La evaluación de la tesis incluye la presentación del informe escrito, y su defensa pública. Se aplicará una ponderación de 60% para el trabajo escrito y 40% para la defensa pública. Para optar a la defensa pública será necesario la previa aprobación del trabajo de tesis escrito por la comisión evaluadora o comité de tesis. La nota mínima de aprobación de esta actividad curricular será de 5,5 en escala de 1 a 7.

La actividad de graduación será acorde al perfil de graduación declarado por el programa, y permitirá demostrar la adquisición, por parte del o la estudiante, de las competencias definidas en éste.

La actividad de graduación se desarrollará en el marco de alguna de las líneas de investigación del programa.

#### ARTÍCULO 24°

La actividad de graduación será de carácter individual, independiente si esta actividad está inserta en un equipo de trabajo o proyecto que involucre a más personas.

#### ARTÍCULO 25°

La actividad de graduación será dirigida y orientada por un/a académico/a del Programa, que cumpla los criterios de productividad del comité de área de la CNA, quien será denominado/a Profesor/a guía de Tesis. Un integrante del cuerpo académico del Programa, debidamente habilitado, podrá adicionalmente colaborar al desarrollo de una tesis actuando como co-guía. En cualquier caso, los académicos/as guías y co-guías deben estar en posesión de al menos el grado de magíster.

#### ARTÍCULO 26°

La comisión evaluadora o comité de tesis es una comisión constituida, a lo menos, por el Profesor Guía de Tesis, un académico/a del Claustro del Programa, un/a especialista externo al programa y el/la Director/a del Programa quien actuará sólo como Presidente de la comisión.

Para obtener el grado académico de Magíster se deberán aprobar todas las asignaturas del plan de estudios, incluida la actividad final de graduación: Tesis. Es decir, un total de 88 SCT- Chile.

La calificación final para la obtención del grado académico se calculará según la siguiente ponderación:

- Nota del promedio simple de las asignaturas del plan de estudios: 40%.
- Nota de la tesis (actividad final de graduación): 60% (60% trabajo escrito y 40% defensa pública).

Para optar a la defensa pública será necesario la previa aprobación del trabajo de tesis escrito por la comisión evaluadora o comité de tesis.

#### **ARTÍCULO 27°**

Informe escrito.

El Informe escrito de la Tesis deberá realizarse siguiendo las normas de forma y estilo fijados por el Programa para tal efecto.

Una vez concluido el Informe escrito, el/la académico/a Guía de Tesis enviará a el/la Director/a del Programa una copia digital en donde se deje constancia expresa de la aprobación por parte de él y de la fecha de entrega.

El/la Director/a del Programa distribuirá la copia digital a los integrantes de la Comisión de Evaluación, quienes tendrán plazo de 30 días corridos para enviar su evaluación usando el formulario oficial del Programa para tal efecto.

Recibidas las evaluaciones, el/la estudiante tendrá un plazo de 15 días corridos para realizar las mejoras y ajustes sugeridos por la Comisión, y entregar al académico/a Guía de Tesis la versión final y definitiva del Informe escrito.

Será responsabilidad de el/la académico/a Guía enviar a el/la Director/a del Programa la versión final del Informe escrito, y de el/la Director/a del Programa enviar a los demás miembros de la Comisión de Evaluación y fijar la fecha de la Defensa Pública dentro de los próximos 15 días.

#### **ARTÍCULO 28°**

Defensa Pública.

La defensa pública será presidida por el/la Director/a del Programa o un miembro del Claustro designado/a por él/ella. El/La estudiante contará con un máximo de 30 minutos para exponer su trabajo, tras los cuales los miembros de la Comisión de Evaluación podrán interrogar a el o la estudiante. Concluidas las preguntas y observaciones realizadas por la Comisión de Evaluación, el público asistente podrá realizar preguntas a el o la estudiante. Concluida la exposición, la Comisión de Evaluación, junto a el/la Director/a del Programa, se reunirán de forma inmediata para realizar la evaluación final de la Tesis y Defensa Pública en sesión cerrada.

La Defensa Pública será evaluada por la comisión evaluadora o comité de tesis.

Si por alguna razón justificada alguno de los miembros de la Comisión de Evaluación no pudiera estar presente en la Defensa Pública, este podrá tener participación por videoconferencia o previo a la Defensa Pública emitir un informe escrito o bien, el/la Director/a del Programa indicará un/a reemplazante.

## **ARTÍCULO 29°**

Evaluación de la Actividad Final. Para evaluar la actividad final de graduación, se considerará independientemente el Informe escrito y la Defensa Pública. Se aplicará una ponderación de 60% para el Informe escrito y 40% para la Defensa Pública.

La nota mínima de aprobación de esta actividad curricular será de 5,5 en escala de 1 a 7. Si la calificación fuese menor a 5,5 la Comisión Evaluadora determinará la nueva realización de la Defensa Pública. Esta instancia se dará una única vez.

## **TÍTULO X**

### **DE LAS CERTIFICACIONES**

## **ARTÍCULO 30°**

Habiéndose cumplido los requisitos establecidos en el Artículo 29° del presente Reglamento, el/la Director/a del Programa enviará a la Dirección de la Escuela de Postgrado un informe académico del estudiante, donde conste que ha cumplido todos los requisitos de graduación. Dicho informe será emitido en un plazo no superior a 7 días hábiles.

El Programa de Estudio del programa contempla la obtención del siguiente grado académico:

Magíster en Biomatemática.

 <b>POSTGRADO</b>	Dirección	Escuela de Postgrado - Sistema de Gestión de la Calidad Integrado
	Documento	Formulario de Presentación de Innovación Curricular de Programas de Postgrado
	Fecha de aprobación	Por aprobar
	Aprobada por	Consejo de Postgrado



# Formulario de Presentación de Innovación Curricular de Programas de Postgrado

## 1. IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

Nombre del programa	Magíster en Biomatemática
Resolución de creación	Resolución Exenta 02033 (2 octubre 2020)
Año de inicio del programa	2021
Carácter (profesional, académico o mixto)	Académico
Régimen (semestral, anual, otro)	Semestral
Fecha de presentación	Diciembre 2023
Facultad o dependencia	Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente
Unidad Académica	Departamento de matemática y Departamento de Biotecnología
Nombre del/de los responsable/s de la propuesta	Manuel Arenas Carmona Daniel Sepúlveda Oehninger
Comité de área CNA	Matemáticas y Estadística
Sub-Comité de área, si corresponde	No corresponde



## 2. ANTECEDENTES DEL PROGRAMA

Situación de acreditación	En autoevaluación para acreditación
Años de ingreso de las 2 últimas cohortes	2022-2023
Tasa de graduación (últimos 5 años)	25%
Tasa de deserción (últimos 5 años)	22,2%
<b>Breve historia del programa</b>	
<p>El Magíster en Biomatemática fue creado en el segundo semestre del año 2020 (Res.Ex.02033), como dependiente de los Departamentos de Matemática y Biotecnología. Ha recibido estudiantes nuevos en sus 3 años de funcionamiento, enfrentando algunas dificultades para la captación de matrícula. Este programa inició su proceso de autoevaluación en el año 2021, siendo interrumpido y retomado en el año 2023, con la actualización del Comité de Autoevaluación mediante la Res. Ex. 03054. Dada su reciente creación este es el primer proceso de innovación curricular desarrollado por el programa.</p>	

## 3. RESUMEN EJECUTIVO DE LA INNOVACIÓN CURRICULAR PROPUESTA

La innovación curricular de este programa se realizará luego de 3 años de implementación, por lo que su Dirección y el Comité Académico cuentan con suficiente información para la toma de decisiones. Esto, junto al trabajo realizado con la Dirección de Aseguramiento de la Calidad de pregrado y postgrado, la Dirección de Postgrado y los nuevos documentos asociados a los procesos de acreditación de programas –como la Circular 035 CNA- han permitido concluir los siguientes lineamientos de innovación:

- Presentar más claramente la naturaleza disciplinar del programa, declarando la Biomatemática como una subdisciplina del área de la matemática, que estudia problemáticas de los sistemas biológicos.
- Actualizar las líneas de investigación del programa para permitir una mayor variedad de ámbitos de aplicación del modelamiento matemático.
- Ajustar el perfil de grado y el plan de estudio en función de la disciplinariedad y las nuevas líneas de investigación. Esto implica cambios en el nombre de asignaturas, orden de éstas en la malla, reemplazo de contenidos e incorporación de electivos, decisiones que responden a las sugerencias de estudiantes y docentes.

Estos ajustes, permitirán al programa responder de manera más clara a los requerimientos de CNA, alinearse al Modelo Educativo institucional actualizado y a su propio interés, reflejando el desarrollo investigativo del claustro, en coherencia con los avances de la disciplina.

#### 4. ANTECEDENTES DE CLAUSTRO O NÚCLEO PROPUESTO

4.1. Detalle de académicos que componen claustro o núcleo, según criterios de productividad para cada área fijados por CNA<sup>1</sup> (*adicionar tablas, según la cantidad de integrantes*).

Nombre	Manuel Arenas Carmona
Departamento o dependencia	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Estructural en Biomatemática

Nombre	Daniel Sepúlveda Oehninger
Departamento o dependencia	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Dinámico en Biomatemática

Nombre	Fabio Lima Lopes
Departamento o dependencia	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Dinámico en Biomatemática

Nombre	Fernando Huancas Suárez
Departamento o dependencia	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Dinámico en Biomatemática

Nombre	Humberto Brito Santana
Departamento o dependencia	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Estructural en Biomatemática

<sup>1</sup> Criterios por Comité de Área disponible en: <https://www.cnachile.cl/paginas/acreditacion-postgrado.aspx>



Nombre	Jorge González Camus
Departamento o dependencia	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Dinámico en Biomatemática

Nombre	Francisco Vielma Leal
Departamento o dependencia	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Dinámico en Biomatemática

Nombre	Tomás Veloz González
Departamento o dependencia	Matemática
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Estructural en Biomatemática

Nombre	Marcelo Rivas Astroza
Departamento o dependencia	Biotecnología
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Estructural en Biomatemática

Nombre	Wladimir Silva Vera
Departamento o dependencia	Biotecnología
Máximo grado académico	Doctor
Productividad individual	Cumple con criterios CNA-Matemática
Productividad grupal	Cumple con criterios CNA-Matemática
Línea de Investigación	Modelamiento Estructural en Biomatemática

#### 4.2. Análisis de cumplimiento de requisitos de productividad de Comité de Área de CNA

Productividad individual	100% cumple con la productividad
Productividad grupal	Se cumple con la productividad grupal
Conclusión	El claustro es adecuado para el funcionamiento del magíster.



4.3. Integrantes de la Comisión de creación curricular del programa (Mínimo 3 personas, incluyendo al director o directora, con al menos un representante por línea de investigación o área de desarrollo)

Nombre del/la académico/a	Cargo
<b>Manuel Arenas Carmona</b>	<b>Director del Magíster en Biomatemática</b>
<b>Humberto Brito Santana</b>	<b>Académico del Departamento de Matemática</b>
<b>Ricardo Castro Santis</b>	<b>Académico del Departamento de Matemática</b>
<b>Fernando Huancas Suarez</b>	<b>Académico del Departamento de Matemática</b>
<b>Miguel Montenegro Concha</b>	<b>Académico del Departamento de Matemática</b>
<b>Gustavo Ossandon Araya</b>	<b>Académico del Departamento de Matemática</b>
<b>Daniel Sepúlveda Oehninger</b>	<b>Académico del Departamento de Matemática</b>
<b>Francisco Vielma Leal</b>	<b>Académico del Departamento de Matemática</b>

## 5. PROSPECCIÓN DEL MEDIO<sup>2</sup>

El Plan de Gobierno 2022-2026, identificado por la CEPAL, prioriza tres áreas fundamentales para el país: enfrentar las secuelas de la emergencia sanitaria y revitalizar la economía, así como avanzar hacia una sociedad que enfatice la sostenibilidad y el bienestar. Nuestro programa está alineado con estas dos primeras áreas, destacando en la modelización epidemiológica para respaldar decisiones informadas ante crisis sanitarias y en el desarrollo de modelos ecológicos y socio-ecológicos para impulsar la sostenibilidad. Internacionalmente, la biomatemática presenta un vasto abanico de oportunidades. Las áreas con mayor demanda a nivel global incluyen la epidemiología matemática y la farmacología, ambas alineadas con la tarea de enfrentar la emergencia sanitaria. También, se resaltan áreas como la dinámica de poblaciones, la genómica y la bioinformática, vinculadas con el enfoque de sostenibilidad de la sociedad. En resumen, nuestro programa se adscribe a estas tareas cruciales, integrando disciplinas matemáticas para abordar desafíos fundamentales en salud, medio ambiente y desarrollo humano.

Nuestro programa de Magíster es único en Latinoamérica, debido a su fuerte correspondencia con sus líneas de investigación específicas. A diferencia del otro programa dedicado a la biomatemática en la región, y a matemática aplicada en Chile; estos suelen requerir más créditos para la graduación y no centran sus planes de estudio en las líneas de investigación propuestas, porque no declaran sus líneas o bien no se aprecia la tributación en sus planes de estudio. A nivel nacional, estos programas de magíster, la aplicación de teorías matemáticas en el trabajo de graduación recae principalmente en la iniciativa del estudiante. Además, ninguno de estos programas especifica una línea dedicada a la biomatemática, lo que resalta aún más nuestro enfoque en esta área.

La biomatemática, un campo intersectorial y de gran relevancia, ha generado una sólida base académica y un crecimiento continuo vinculado a áreas de alta inversión como la biología celular, la epidemiología, la sostenibilidad y más. Esta disciplina es fundamental en proyectos de investigación a nivel global, generando una alta demanda laboral en ámbitos académicos e investigativos. Además, en la industria, el aumento del análisis de datos resalta la necesidad de profesionales con habilidades especializadas en modelamiento matemático. Nuestro programa destaca al proveer una comprensión integral de los fenómenos biológicos, no sólo en el manejo de datos, brindando a nuestros estudiantes una ventaja competitiva en la toma de decisiones tanto en investigación como en desarrollo industrial. Las oportunidades laborales para nuestros egresados son diversas, abarcando desde academia e investigación hasta sectores de medio ambiente, salud pública y grandes industrias, donde los salarios varían dependiendo del área, pero en general, reflejan una compensación competitiva, superando incluso el salario base de otros perfiles profesionales relacionados con datos.

## 6. OTROS ANTECEDENTES DE DIAGNÓSTICO<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Detalles en el Anexo 1. Análisis del medio (social, educacional, laboral).

<sup>3</sup> Incluya el o los informes correspondientes como Anexo o indique su nombre completo y ubicación [https://drive.google.com/drive/folders/1rUMZu8uGHcESSbdgUbeB9fTgHxRIBz47?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1rUMZu8uGHcESSbdgUbeB9fTgHxRIBz47?usp=drive_link).



#### **Auditoría Académica, abril 2021.**

- El nombre refleja el propósito y objetivos del programa.
- Se sugiere revisar la actualización del perfil de grado, dado que inicia su diseño en el 2018.
- El perfil de grado es consistente con los objetivos. Se sugiere contar con validación interna y externa del perfil de grado.
- El plan de estudio es consistente con el perfil de grado.
- Incorporar “contexto” en la redacción de algunos RA.
- Ajustar metodologías y estrategias de evaluación para marcar una mayor relación entre éstas y el desarrollo y evaluación de los RA.
- Revisar la matriz de tributación para garantizar el desarrollo de las competencias a lo largo del plan de estudio.

#### **Auditoría Académica, junio 2022.**

- El nombre refleja el propósito y objetivos del programa.
- Se sugiere revisar la actualización del perfil de grado, dado que inicia su diseño en el 2018.
- El perfil de grado es consistente con los objetivos. Se sugiere contar con validación interna y externa del perfil de grado.
- Especificar el nivel de inglés (con o sin certificación) como requisito de ingreso al programa.
- Revisar redacción de algunos RA.
- Ajustar metodologías y estrategias de evaluación para marcar una mayor relación entre éstas y el desarrollo y evaluación de los RA.

#### **Auditoría Académica. Recursos bibliográficos, junio 2022.**

-De los 26 títulos declarados entre bibliografía básica y complementaria, se cuenta con 22, equivalentes al 85%. Por su parte, el 81% de los títulos está en inglés. Se sugiere actualizar años de edición de 3 textos y reemplazar otros 4 que se encuentran descatalogados, es decir, no están disponibles en el mercado.

#### **Encuesta de Satisfacción del Programa. Estudiantes. 1er semestre 2021**

- Respondieron 6 estudiantes, 75% de la cohorte 2021.
- El total de estudiantes está de acuerdo o muy de acuerdo con el carácter del programa, así como con que los objetivos y perfil de grado son coherentes con la malla curricular.
- El 83% de los estudiantes está de acuerdo o muy de acuerdo con que el programa responde a las necesidades académicas y laborales del contexto en que se desarrolla.
- El 83% de los estudiantes está de acuerdo o muy de acuerdo con que los requerimientos de ingreso son congruentes con las exigencias posteriores, que el nivel de exigencia académica es adecuado y con que las metodologías son congruentes con los objetivos y el perfil de grado del programa.

#### **Encuesta de Desempeño Docente, 2do semestre 2021.**

Respondieron 2 estudiantes, 25% de la cohorte 2021.

- Se evaluaron las asignaturas Epidemiología Matemática, Modelamiento Matricial y Modelamiento Numérico.
- Los estudiantes declaran una dedicación en horas cronológicas a cada asignatura: Epidemiología Matemática (entre 7 y 13 horas o más), Modelamiento Matricial (entre 1 y 9 horas) y Modelamiento Numérico (entre 1 y 6 horas).
- Un estudiante prefiere la modalidad online.



**Encuesta de Desempeño Docente, 3er semestre 2022.**

Respondieron 2 estudiantes, 25% de la cohorte 2021.

-Se evaluaron las asignaturas Biotecnología Matemática, Electivo Avanzado I y Proyecto Tesis. No hay comentarios curriculares.

**Encuesta de Desempeño Docente, 4to semestre 2022.**

Respondieron 2 estudiantes, 25% de la cohorte 2021.

-Se evaluaron las asignaturas Electivo Avanzado II y Tesis. No hay comentarios curriculares.

**Encuesta de Desempeño Docente, 1er semestre 2022.**

Respondieron 2 estudiantes, 100% de la cohorte 2022.

-Se evaluaron las asignaturas Ecología Matemática, Modelamiento Diferencial y Modelamiento Estocástico. No hay comentarios curriculares.

**Encuesta de Desempeño Docente, 2do semestre 2022.**

Respondieron 2 estudiantes, 100% de la cohorte 2022.

-Se evaluaron las asignaturas Epidemiología Matemática, Modelamiento Matricial y Modelamiento Numérico. No hay comentarios curriculares.

### CONCLUSIONES PARA LA INNOVACIÓN CURRICULAR

a) Descripción general del programa y sus objetivos

El programa se seguirá ofertando en modalidad presencial y jornada diurna; asimismo, conservará su carácter académico, sin certificaciones intermedias. Si bien el nombre del programa parece adecuado para el núcleo y como resultado de la Auditoría Académica, es un elemento que será sometido a la opinión de los expertos externos, cuando se solicite la validación del perfil de grado.

Un elemento que se considera debe ser ajustado es la declaración de ser un programa multidisciplinar, desde la matemática y la biología. Esto, dado que las líneas de investigación de los integrantes del claustro se vinculan únicamente con la matemática y eso debe ser reflejado en la fundamentación del programa y su diseño.

En cuanto a sus objetivos serán ajustados para eliminar el sentido multidisciplinar y enfatizar el desarrollo de modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos.

b) Líneas de investigación, innovación y/o creación o áreas de desarrollo profesional

Hay cambios en las líneas de investigación. Las anteriores son:

- 1) Ecología Matemática
- 2) Epidemiología Matemática
- 3) Biotecnología Matemática

Las nuevas son:

- 1) Modelamiento Dinámico en Biomatemática



2) Modelamiento Estructural en Biomatemática

c) Perfil de ingreso y proceso de selección

Perfil de ingreso: El o la estudiante que ingrese al programa debe tener conocimiento de Cálculo Diferencial e Integral en Varias variables y Álgebra Lineal, mediante cursos que enseñan estos temas en sus estudios previos.

Criterios de Selección: Podrán postular al Programa quienes estén en posesión del grado de Licenciado o de un Título Profesional, cuya formación cumpla con un ciclo básico de matemática que sea compatible con los requisitos del programa o rendir favorablemente un examen de suficiencia, explicada en el perfil de ingreso. Excepcionalmente, los interesados que posean una Licenciatura o Título Profesional pero que no cumplieran con el criterio de formación académica, pueden igualmente postular en caso de tener antecedentes académicos destacados y haber desarrollado previamente investigación en biomatemática.. Esta excepción debe ser por acuerdo unánime del Comité Académico del magíster.

El postulante debe demostrar capacidad de comprensión lectora en idioma inglés a través de certificaciones reconocidas en Chile o por medio de examen de suficiencia.

d) Perfil de graduación

Dado que el perfil de grado no cuenta con validación externa, en este proceso se cumplirá con esa instancia de verificación.

Inicialmente se propone:

La persona graduada del Magíster en Biomatemática de la Universidad Tecnológica Metropolitana es un especialista que domina en un nivel avanzado la teoría y las técnicas de la matemática aplicada, siendo capaz de modelar y analizar matemáticamente sistemas biológicos, aportando con ello a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

El dominio en matemática le permite aplicar principios teóricos-matemáticos para interpretar e inferir resultados en base a categorías en el marco de las líneas de investigación Modelamiento Dinámico o Modelamiento Estructural en Biomatemática. Asimismo, su formación disciplinar y en el uso de tecnología le capacita en la aplicación de programas de simulación computacional de modelos matemáticos con el fin de explorar, conjeturar y predecir comportamientos de sistemas biológicos.

Su manejo conceptual y taxonómico especializado le permite interactuar con matemáticos y biólogos, facilitando su inserción y trabajo colaborativo en equipos de investigación, desarrollo e innovación en las líneas de investigación declaradas por el programa.

El o la especialista puede insertarse en equipos de investigación en la academia y sector productivo, en actividades de docencia universitaria, en labores de divulgación científica y la continuidad de estudios a nivel doctoral en las disciplinas de Matemática Aplicada, Biomatemática, Informática Aplicada y otras afines.



e) Plan de estudios

Si bien, por el cambio en las líneas de investigación se debe revisar y ajustar el plan de estudio, se consideró necesario contar con información adicional que permitiera tomar decisiones argumentadas en este aspecto. Por este motivo se realizó una encuesta al comité de rediseño, otra a los estudiantes de primer año, y otra a los estudiantes de segundo año y graduados. A partir de ellas se recogieron las siguientes observaciones:

- 1) Se debe aumentar el número de créditos a la mayoría de las asignaturas, pues se estima una dedicación mayor a las 8 horas semanales.
- 2) Se propone revisar la distribución de algunas asignaturas, por ejemplo, Proyecto de Tesis y Modelamiento Numérico.
- 3) Se propone buscar una articulación con otros programas de postgrado.
- 4) Se propone que los electivos avanzados sean asignaturas que permitan que los estudiantes puedan profundizar en la línea de investigación elegida para desarrollar su tesis, es decir, que cambien su nombre y se diseñen como actividades que tributen directamente a ella. Por lo anterior, se propone crear dos nuevos electivos (en los semestres 2 y 3), para darle mayor flexibilidad al plan de estudios, pasando de 11 a 13 actividades curriculares.

f) Programas de asignatura

- 1) Se sugiere revisar la redacción de los resultados de aprendizaje, verificando que cumplan con el formato: verbo, objeto, condición o contexto.
- 2) Se sugiere ajustar la cantidad de créditos.
- 3) Se actualizará el año de edición de algunas referencias bibliográficas, según sugerencia de Auditoría Académica, así como se revisarán los títulos descatalogados para reemplazarlos.
- 4) Se sugiere la metodología de clases y de evaluación, con el objetivo de garantizar la calidad del proceso formativo.

g) Otros

En el área de Vinculación con el Medio, desde el año 2017 se viene colaborando con el Departamento de Matemática de la Universidad Católica del Maule (UCM), lo que ha permitido la realización del Workshop de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos desde entonces hasta la actualidad. Como consecuencia de lo anterior, recientemente la Facultad de Ciencias de la UCM se adjudicó un proyecto Ciencias 2030, donde la FCNMMA es su socio estratégico.

Por otro lado, en el ámbito interno, se debe señalar que un integrante del Claustro desarrolla para la Vicerrectoría de Transferencia Tecnológica el Programa de Biología Computacional.



En el área de cooperación Internacional e internacionalización destacamos la participación en dos proyectos del Programa Regional de Cooperación Científico-Tecnológica MATH-AmSud ANID.

Además, se debe realizar un diagnóstico de los convenios vigentes de la Universidad para ver la pertinencia de la participación de nuestro Magíster dentro del marco de estos convenios.

Se enfatizará la dependencia del programa del Departamento de Matemática, con colaboración del Departamento de Biotecnología.

Es esencial fortalecer la estructura interna del programa, especialmente la Dirección y el Comité Académico, para gestionar de manera efectiva las necesidades internas. La comunicación con la Escuela de Postgrado debe mejorar, utilizando medios más formales y claros para un diálogo efectivo.

Dentro del Comité Académico, sería beneficioso considerar la inclusión de un coordinador de Aseguramiento de la Calidad, independiente del director, así como establecer un mecanismo de comunicación formal con la Dirección de Aseguramiento de la Calidad del pre y postgrado.

Se precisa una comunicación más estrecha entre la Dirección del programa y los estudiantes.

Considerar la presencia de beneficios económicos a los estudiantes, para favorecer la matrícula y permanencia en el programa.

Se requiere de espacios adecuados para los estudiantes, como una sala equipada con estaciones de trabajo, equipos informáticos modernos, iluminación adecuada, acceso independiente, y un entorno climatizado apropiado para un nivel de posgrado. Además, es necesario tener un aula exclusiva para las clases del magíster.

También es necesario actualizar la bibliografía de las asignaturas y adquirir los libros que se requieran.

La inclusión en el presupuesto de partidas destinadas a seminarios periódicos, para promover interacciones constructivas entre estudiantes y profesores.



**ANEXOS**

**ANEXO 1. Análisis del medio social, educacional, laboral.**

5.1. Análisis del medio social. Incorporar información relativa a las proyecciones de las necesidades del país de contar con programas de postgrado en el área, sustentándose en los siguientes elementos:

Análisis de la relación del programa con las demandas y procesos sociales, culturales, educacionales y productivos del país <sup>4</sup> .	Análisis de demandas de desarrollo de la disciplina a nivel nacional e internacional.
<p>El Plan de Gobierno 2022-2026 identifica tres tareas principales que tiene que afrontar el país (fuente: CEPAL):</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Enfrentar las consecuencias de la emergencia sanitaria y recuperar la economía.</li><li>2. Avanzar hacia una sociedad que ponga en el centro la sostenibilidad de la vida, el cuidado, la seguridad y el bienestar de las personas y las comunidades.</li><li>3. Promover la profundización de la democracia y cuidar el proceso de cambios.</li></ol> <p>En este sentido, nuestro programa se alinea en las tareas 1 y 2.</p> <p>Específicamente, para contribuir a la tarea 1 tenemos dentro de nuestras líneas de especialización la posibilidad de desarrollar diversas técnicas de modelamiento en epidemiología-matemática. Lo anterior incluye el desarrollo de modelos descriptivos de la situación epidemiológica de un territorio, así como modelamiento predictivo, ambos permiten asistir la toma de decisiones informada de medidas de mitigación y control por parte de las autoridades.</p>	<p>A nivel mundial, el panorama de la biomatemática contempla un espectro mucho mayor de posibilidades que en el contexto nacional. Se ha considerado que el siglo XXI es el siglo de la biología y la inteligencia artificial. Detrás de ambas disciplinas subyace un sustrato matemático que cubrimos dentro de nuestro programa.</p> <p>Las áreas donde se identifica mayor demanda de desarrollo a nivel internacional son las siguientes:</p> <p>Epidemiología Matemática (común con tarea país 1): Modelado y análisis de la propagación de enfermedades infecciosas, evaluación de estrategias de control y prevención, predicción de brotes epidémicos y evaluación de la eficacia de intervenciones.</p> <p>Farmacología y Terapia (común con tarea país 1): Modelado de la farmacocinética y farmacodinámica, diseño óptimo de regímenes de tratamiento, simulación de la respuesta a fármacos y evaluación de estrategias terapéuticas.</p> <p>Dinámica de Poblaciones y Ecología Matemática (común con tarea país 2):</p>

<sup>4</sup> Considere para ello, la incorporación de fuentes oficiales de información, como Ministerios, Organismos Colegiados, Consejos Asesores, Federaciones Gremiales, u otros.



En la tarea 2 tenemos dentro de nuestras líneas de especialización la posibilidad de desarrollar modelamiento de comunidades ecológicas, tanto en su situación espacial como su proyección en el tiempo, así como modelos eco-sociales, donde la interacción e intervención humana, y especialmente las actividades productivas, son consideradas y permiten planificar y tomar decisiones que aseguren el desarrollo sostenible. Adicionalmente, tenemos capacidad para desarrollar métodos matemáticos y algoritmos aplicados al estudio de la biotecnología, que subyace a los procesos biológicos de escala microscópica. Lo anterior involucra la predicción de estructuras de proteínas, la identificación de genes y la interpretación de grandes conjuntos de datos biológicos.

Estudio de la interacción entre diferentes especies, la dinámica de poblaciones, la ecología de comunidades y la conservación de la biodiversidad mediante modelos matemáticos.

Genómica y Bioinformática (común con tarea país 2):

Desarrollo de métodos matemáticos y algoritmos para el análisis de datos genómicos, la predicción de estructuras de proteínas, la identificación de genes y la interpretación de grandes conjuntos de datos biológicos

Biología del Desarrollo y Morfogénesis: Investigación de los procesos de desarrollo biológico y la formación de patrones en organismos multicelulares mediante modelos matemáticos.

Neurociencia Computacional: Modelado matemático y computacional de la actividad neuronal, el procesamiento de la información en el cerebro y la simulación de redes neuronales.



## Postgrado

5.2. Análisis del medio educacional: Genere un breve benchmarking –con un máximo 10 instituciones, en orden de relevancia- que permita completar el siguiente cuadro comparativo respecto a programas de postgrado vigentes, cuya pertinencia sea afín al programa propuesto (incluya programas nacionales e internacionales)<sup>5</sup>

Institución	Nombre del Programa	Años de Acreditación CNA (si aplica)	Carácter, objetivos y descripción del programa	Líneas de Investigación o desarrollo	Duración en créditos SCT-CHILE/ECTS	Duración	Modalidad	Arancel	Elementos Diferenciadores entre la presente propuesta y este programa
Universidad de Quindío, Colombia	Maestría en Biomatemáticas	-	<p><b>Carácter:</b> Académico.</p> <p><b>Objetivos:</b> Desarrollar un espacio para la investigación en el campo de la matemática aplicada a las ciencias de la vida; concretamente se busca ampliar los conocimientos necesarios para la modelización matemática de problemas biológicos y desarrollar en el estudiante la</p>	<p>-Estadística en Ciencias Sociales</p> <p>-Modelos para información autocorrelacionada en el Tiempo y en el Espacio</p> <p>- Modelamiento matemático de dinámicas ecológicas y agroecológicas</p> <p>- Modelamiento matemático</p>	46 créditos Colombia	4 semestres	Presencial		<p>Este es un programa de biomatemática, por lo que en primera instancia, es el más afín que se puede encontrar en los programas de postgrado del cono sur.</p> <p>Sin embargo, al comparar los planes de estudios, el nuestro está claramente enfocado en biomatemática diferencia de ellos que</p>

<sup>5</sup> NOTA: Para consultas referidas a Programas de Postgrado vigentes en Chile dirigirse a la web de CNA (<https://www.cnachile.cl/Paginas/buscador-avanzado.aspx>).



			<p>competencia investigativa alrededor del tema de la Biomatemática.</p> <p>Descripción: es un programa que permite analizar de forma alterna muchas situaciones de la vida a partir de la modelización matemática, como: Problemas de contaminación ambiental, competencia entre especies, control de epidemias y producción de medicamentos, entre otros; lo que le permitirá desarrollar capacidades de razonamiento matemático aplicadas a su contexto inmediato y futuro.</p>	<p>de fenómenos biomédicos -Ambientes virtuales aplicados a la - Educación Informática Educativa Modelado matemático de fenómenos teóricos eco-epidemiológicos</p>					<p>presentan líneas que se desmarcan de este foco. En este sentido, nuestro programa está mejor alineado con las líneas de investigación declaradas.</p> <p>Finalmente, es importante recalcar que nuestro claustro presenta más productividad en el área.</p>
Universidad de Chile	Magíster en Ciencias de la Ingeniería con Mención en	10	Carácter: Académico.	No declaradas	90	4 semestres	Presencial Diurno	75 UF (semes-tral)	Nuestro programa está mejor alineado con las líneas de



## Postgrado

	Matemáticas Aplicadas		<p>Descripción y Objetivos: El objetivo principal del Magíster es formar graduados aptos para integrar equipos de investigación y de desarrollo en ámbitos donde se requiera especialización en modelación matemática. Además, estarán facultados para prestar asesorías en matemáticas aplicadas a otras áreas científicas o tecnológicas, y para iniciarse en investigación o continuar estudios de Doctorado.</p>					<b>Valor Matrícula 2023: \$177.300.</b>	<p>investigación declaradas.</p> <p>Al comparar los planes de estudios, este programa tiene un carácter fuertemente teórico y no se aprecia donde se desarrollarán las habilidades de modelamiento ni de matemática aplicada, lo que marca una diferencia relevante con el nuestro. Sin embargo es posible aplicar las competencias de este programa al estudio de modelos biológicos.</p>
Pontificia Universidad	Magíster en Ingeniería	No acreditado	Cáncer: Académico.	No declaradas	135 UC	4 semestres	Presencial Diurno	\$15.932.000 CLP	Nuestro programa está



Católica de Chile	Matemática y Computacional		<p>Objetivos:</p> <p>Los estudiantes adquieran las capacidades de: desarrollar investigación, de modelamiento y abstracción matemática, de Computación Científica, y comunicación y vinculación con el medio.</p> <p>Descripción:</p> <p>Con la Ingeniería Matemática y Computacional es posible establecer puentes entre distintas disciplinas, y crear métodos más robustos para soluciones a problemas complejos, en vinculación con la sociedad y la industria.</p>					(Valor por programa total).	<p>mejor alineado con las líneas de investigación declaradas.</p> <p>Al comparar los planes de estudios, este programa tiene un carácter de ingeniería matemática aplicada, sus objetivos son solucionar problemas de modelamiento y abstracción matemática y de Computación Científica, pero no necesariamente se enfocan en biomatemática. En este sentido nuestro programa está enfocado únicamente a la biomatemática.</p>
-------------------	----------------------------	--	---	--	--	--	--	-----------------------------	--



## Postgrado

Universidad Católica de Temuco	Magíster en Matemática Aplicada	2	<p>Carácter: Profesional.</p> <p>Objetivo: Formar graduados-as de un alto nivel profesional que posean las competencias para aplicar la matemática al análisis cuantitativo de sistemas y procesos complejos en el ámbito de la mecánica de fluidos computacional.</p> <p>Descripción: es un programa de carácter profesional que entrega una formación basada en desempeños y que se caracteriza por formar profesionales que posean las competencias para aplicar la matemática al análisis de sistemas y procesos complejos en el</p>	<p>No declarado explícitamente, de la descripción y la malla parece ser:</p> <p>Análisis y modelado de fenómenos de transporte.</p>	60	3 semestres	Semipresencial Diurno	<p>Matrícula: 225.000.</p> <p>Arancel: \$5.444.000</p> <p>Derechos de titulación: 5.5 UF</p>	<p>Este magíster es de carácter profesional, claramente diferente al carácter académico de nuestro programa.</p> <p>Esta propuesta claramente está enfocada solamente en generar capital humano experta en procesos complejos en el ámbito de la mecánica de fluidos computacional, cuyas habilidades pueden ser aplicados al estudio de modelos matemáticos provenientes de la biología, a diferencia nuestro programa que</p>
--------------------------------	---------------------------------	---	--	---	----	-------------	-----------------------	--	---



			<p>ámbito de los fenómenos de transporte, formulando y resolviendo ecuaciones diferenciales como modelos matemáticos, con apoyo de programas computacionales.</p>						<p>focaliza su esfuerzo en modelos matemáticos que únicamente provienen del contexto biológico. En este sentido, el programa no cubre tópicos de la biomatemática que son básicos en el área.</p>
<p>Universidad Católica de la Santísima Concepción</p>	<p>Magíster en Matemática Aplicada (M2A)</p>	<p>No Acreditado</p>	<p>Carácter: Académico.</p> <p>El Magíster en Matemática Aplicada (M2A) tiene como propósito generar un recurso humano, con sólidos conocimientos en áreas fundamentales de la matemática y con especialización en una de las líneas de investigación que posee el</p>	<p>Análisis Numérico de Ecuaciones Diferenciales Parciales.</p> <p>Sistemas Dinámicos</p>	<p>110</p>	<p>4 semestres</p>	<p>Diurno, Jornada flexible</p>	<p>\$4.750.000 (anual 2.375.000 ) y costo de matrícula \$220.000</p>	<p>Este es un programa de matemática, que claramente está enfocado en generar graduados con una base matemática sólida, las cuales pueden llegar a ser aterrizados a modelos matemáticos provenientes de la biología.</p>



			<p>programa, que lo capacite para colaborar en grupos de investigación disciplinaria o continuar estudios de Doctorado, con una formación ética y valórica que le permita desempeñarse como graduado de manera respetuosa con su entorno.</p>					<p>Es por esto que a diferencia de nuestro programa, su norte no es estudiar necesariamente modelos matemáticos proveniente de la biología.</p>
--	--	--	---	--	--	--	--	---

5.3. Análisis del medio laboral. Analice las necesidades de puestos de trabajo que requieren de la especialización a abordar en el programa; considere los resultados de la encuesta de graduados y empleadores, si aplica. En los siguientes términos

<p>Demanda laboral. Detalle el contexto laboral actual en el área de especialización del programa a ofertar (comportamiento del desarrollo disciplinar, del sector económico, capacidades de innovación y/o emprendimiento, priorización de las ocupaciones demandadas, sistema de remuneraciones, entre otros)</p>	<p>Análisis de puestos laborales ofertados: funciones requeridas y áreas de desempeño que abordan profesionales con el grado de especialización que se desea ofertar.</p>
<p>La biomatemática es una disciplina que cruza varios sectores económicos y de innovación. En el ámbito académico es una disciplina bien establecida y en creciente desarrollo dado que se vincula con áreas de alta inversión como la biología celular, biotecnología, bioinformática, epidemiología, ecología, sostenibilidad, entre otros. En particular, se identifica un crecimiento sostenido de ofertas para realizar doctorados en el marco de proyectos de investigación adjudicados por profesores en universidades en todo el mundo, por lo que el trabajo académico y en investigación tiene alta demanda.</p> <p>Adicionalmente, el crecimiento de análisis de datos en la industria en general hace que se vuelvan cada vez más necesarios profesionales con</p>	<p>Existen muchos proyectos doctorales donde un magíster en biomatemática puede incorporarse directamente:</p> <p>Ejemplos:</p> <p><a href="https://scholarshipdb.net/jobs-in-Switzerland/Researcher-In-Mathematical-Modeling-And-Simulation-Of-Ecological-Processes-In-The-Gut-Microbiota-Eth-Z-rich=9PkWcDKe7hGUYgAlkGUTnw.html">https://scholarshipdb.net/jobs-in-Switzerland/Researcher-In-Mathematical-Modeling-And-Simulation-Of-Ecological-Processes-In-The-Gut-Microbiota-Eth-Z-rich=9PkWcDKe7hGUYgAlkGUTnw.html</a></p> <p><a href="https://www.findaphd.com/phds/project/biological-sciences-fully-funded-swansea-university-phd-scholarship-where-the-vultures-soar-">https://www.findaphd.com/phds/project/biological-sciences-fully-funded-swansea-university-phd-scholarship-where-the-vultures-soar-</a></p>



manejo de modelamiento matemático. Si bien, ingenieros y científicos de datos son capaces de manejar datos, estas disciplinas no se especializan en el modelamiento, ni tampoco cubren la matemática en profundidad. Lo anterior da una ventaja competitiva a nuestros estudiantes pues les otorga una adecuada comprensión del fenómeno a ser modelado en industrias afines, más allá de la habilidad de modelar los datos, asistiendo así de mejor manera la toma de decisiones tanto para investigación o desarrollo.

Existen otras áreas como la educación y divulgación que también responden a una demanda dado el crecimiento de la disciplina.

Hemos realizado una encuesta interna a estudiantes y profesores considerando las posibilidades e interés de encontrar trabajo en estas y otras áreas de futuro profesional:

Área	Profesores	Alumnos
Investigación/Academia	media-alta	media
Industria/Empresa	media	
Educación/Divulgación	media-alta	
Salud Publica	media-baja	

[using-high-frequency-movement-data-to-understand-species-distributions/?p166768](https://www.findaphd.com/phds/project/mathematics-fully-funded-ukri-and-swanssea-bay-university-health-board-phd-scholarship-mathematical-modelling-the-role-of-circulating-tumour-dna-in-diagnosis-and-therapy/?p165450)

[https://www.findaphd.com/phds/project/mathematics-fully-funded-ukri-and-swanssea-bay-university-health-board-phd-scholarship-mathematical-modelling-the-role-of-circulating-tumour-dna-in-diagnosis-and-therapy/?p165450](https://www.findaphd.com/phds/project/nerc-e4-climatic-sensitivity-of-reproductive-phenology-in-southeast-asian-forest-biomes/?p164096)

[https://www.findaphd.com/phds/project/nerc-e4-climatic-sensitivity-of-reproductive-phenology-in-southeast-asian-forest-biomes/?p164096](https://be.indeed.com/viewjob?jk=7c39d52a2a0c0b46&tk=1hj85jopojl35801&from=serp&vjs=3)

<https://be.indeed.com/viewjob?jk=7c39d52a2a0c0b46&tk=1hj85jopojl35801&from=serp&vjs=3>

En la industria existen muchas ofertas, sobre todo en ámbitos donde se usan datos

Ejemplos:

<https://www.indeed.com/viewjob?jk=4a3a162389051067&tk=1hj840om02j24000&from=serp&vjs=3>

<https://www.indeed.com/viewjob?jk=7a089bd99d792f37&tk=1hj840om02j24000&from=serp&vjs=3>

<https://www.indeed.com/viewjob?jk=2064ea8991810915&tk=1hj840om02j24000&from=serp&vjs=3>

[https://ejnh.fa.em2.oraclecloud.com/hcmUI/CandidateExperience/en/sites/CX\\_1/job/2315](https://ejnh.fa.em2.oraclecloud.com/hcmUI/CandidateExperience/en/sites/CX_1/job/2315)



Ecología/Medio Ambiente	media-alta	
Agropecuario	media-baja	
Emprendimiento/Innovación	baja	
Farmacéutica	media-baja	
Neurociencia/IA	baja	

Por lo tanto, el contexto laboral de nuestros egresados es amplio en sectores de especialización relacionados a lo biológico. Con respecto al salario, según el campo de desarrollo va a cambiar (ver lista más abajo) sin embargo en cualquier caso corresponde al menos al de un científico de datos junior, y en la mayoría de los casos a más que eso considerando que hay una ventaja competitiva de especialización en la biología y el modelamiento.

Contemplamos 3 grandes áreas de desarrollo profesional:

- 1) Academia e investigación: Nuestros estudiantes pueden volverse estudiantes doctorales de programas como epidemiología, ecología, sostenibilidad, farmacología, bioinformática, entre otros. En este caso el salario corresponde a una beca doctoral.



- 2) Medio Ambiente y Salud: Muchos servicios del estado como ministerio de salud, ministerio de medio ambiente, ministerio de minería, ministerio de agricultura, subsecretarías asociadas y otras empresas del estado, requieren cada vez más profesionales con competencias de modelamiento para el trabajo con datos y el estudio de problemáticas que afectan a la salud pública, el medioambiente o la productividad. En este caso el salario corresponde a un profesional especializado sin experiencia en el estado.
- 3) Grandes industrias: Existen grandes empresas mineras o farmacéuticas, agropecuarias, que requieren monitoreo, análisis y prospección de procesos que involucran fenómenos biológicos y requieren el modelamiento matemático como habilidad principal. En este caso el salario se debe considerar equivalente al de un ingeniero de especialización.



Postgrado



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA

*del Estado de Chile*

DOCTORADOS/MAGÍSTERES  
**POSTGRADO**

Rediseño-Innovación Curricular  
Magíster en Biomatemática

# Identificación del Programa



Nombre: Magíster en Biomatemática.



Grado otorgado: Magíster en Biomatemática.



Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente.



Departamentos de Matemática y Biotecnología.

# Definición Conceptual y Objetivos

*El programa se declara multidisciplinario, de manera consistente y coherente, cuando no tiene un claustro multidisciplinario y en la práctica se trata de un programa disciplinar de matemática aplicada a sistemas biológicos.*

- Objetivo General

Formar especialistas en el área de la Biomatemática, con grado de magíster, con fuerte base teórica y metodológica **multidisciplinaria**, capaces de comprender, interpretar y desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

- Objetivo Específico

Fortalecer el trabajo en equipos **multidisciplinarios**, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.

Aportar a la generación de conocimiento en alguna de las líneas de investigación sustentadas por el programa en el área de la Biomatemática, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico y/o sector productivo.

# Objetivos

## OBJETIVO GENERAL:

Formar especialistas con grado de magíster con fuerte base teórica y metodológica, capaces de desarrollar **modelos matemáticos** aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir al desarrollo científico y la sustentabilidad económica, ambiental y social del país y la región.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Fortalecer el trabajo en equipo, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del **modelamiento matemático**.

Aportar a la generación de conocimiento del ámbito de la matemática aplicada a los sistemas biológicos, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico o sector productivo, con énfasis en el desarrollo sustentable con responsabilidad social.

# Perfil de Egreso

La persona graduada del Magíster en Biomatemática de la Universidad Tecnológica Metropolitana es especialista con alta capacidad analítica que domina en un nivel avanzado la teoría y las técnicas de la matemática aplicada, siendo capaz de **modelar matemáticamente sistemas biológicos**, aportando con ello a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

Su formación disciplinar y metodológica la capacita en la creación de programas de simulación computacional de modelos matemáticos con el fin de explorar, conjeturar y predecir comportamientos de **sistemas biológicos**. Asimismo, el **dominio en matemática y biología**, le permite integrar resultados teóricos-matemáticos con la categorías y fenómenos biológicos, interpretándolos e infiriendo conocimiento para dar respuesta en ese contexto.

Su manejo conceptual y taxonómico especializado le permite interactuar con matemáticos y biólogos, facilitando su inserción y trabajo colaborativo en equipos multidisciplinarios en el ámbito de investigación, desarrollo e innovación en Ecología Matemática, Epidemiología Matemática o Biotecnología Matemática.

# Perfil de Graduación

La persona graduada del Magíster en Biomatemática de la Universidad Tecnológica Metropolitana es un especialista que domina en un nivel avanzado la teoría y las técnicas de la **matemática aplicada**, siendo capaz de **modelar y analizar matemáticamente sistemas biológicos**, aportando con ello a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

El dominio en **matemática** le permite aplicar principios teóricos-matemáticos para interpretar e inferir resultados en base a categorías en el marco de las líneas de investigación Modelamiento Dinámico o Modelamiento Estructural en Biomatemática. Asimismo, su formación disciplinar y en el uso de tecnología le capacita en la aplicación de programas de simulación computacional de **modelos matemáticos** con el fin de explorar, conjeturar y predecir comportamientos de sistemas biológicos.

Su manejo conceptual y taxonómico especializado le permite interactuar con **matemáticos** y biólogos, facilitando su inserción y trabajo colaborativo en equipos de investigación, desarrollo e innovación en las líneas de investigación declaradas por el programa.

El o la especialista puede insertarse en equipos de investigación en la academia y sector productivo, en actividades de docencia universitaria, en labores de divulgación científica y la continuidad de estudios a nivel doctoral en las disciplinas de **Matemática Aplicada, Biomatemática, Informática Aplicada** y otras afines.

# Requisitos de Admisión

*El programa declara como requisito de admisión estar en posesión de grado de licenciatura o título profesional en el ámbito de la matemática, biología, biotecnología o alguna especialidad relacionada a éstas, o estar en posesión del título profesional de ingeniero civil o equivalente.*

*No queda claro como el Magíster se hace cargo de perfiles de ingreso tan diversos, pues la formación de un biólogo dista bastante de la formación de un matemático o ingeniero civil.*

El Magíster en Biomatemática está dirigido a licenciados/as y profesionales provenientes de las **áreas de Ingeniería, Licenciatura en Matemática o Física**, así como áreas afines con interés en el modelamiento matemático de sistemas biológicos. Los y las postulantes deberán tener conocimiento de Cálculo Diferencial e Integral en Varias variables y Álgebra Lineal, como parte de sus estudios previos.

# Claustro del Programa y Líneas de investigación

*El programa cuenta con un grupo de académicos productivos en la disciplina de Matemática y Estadística que cumplen con la orientación de productividad de la CNA en el área para Magíster Académico. Sin embargo, el programa cuenta con sólo un miembro del área de Biotecnología que cumple con la orientación de productividad del área de Ciencias Biológicas.*

*Esta composición no sustenta la declaración del propio programa de que es interdisciplinario o multidisciplinario.*

*El programa declara 3 líneas de investigación a saber: **Ecología Matemática, Epidemiología Matemática y Biotecnología Matemática**. Sólo la última tiene adscrito a un académico del área de la Biotecnología. Las otras dos sólo se encuentran sustentadas por miembros del claustro del área de Matemática.*

# Claustro del Programa y Líneas de investigación

Modelamiento Dinámico en Biomatemática	Modelamiento Estructural en Biomatemática
Jorge González Camus	Manuel Arenas Carmona
Fernando Huancas Suárez	Humberto Brito Santana
Fabio Lima Lopes	Fabio Lima Lopes
Daniel Sepúlveda Oehninger	Marcelo Rivas Astroza (Biotecnología)
Francisco Vielma	Wladimir Silva (Biotecnología)
	Tomas Veloz González

# Vinculación con el Medio

*Es esperable que un programa de carácter académico, cuyo foco es la investigación en la disciplina desarrolle algún tipo de relación formal con otras instituciones de educación superior o centro de investigación nacional o extranjero que nutran la formación y permitan la movilidad de estudiantes y académicos en el marco del Magíster.*

Durante el primer semestre del 2023 el programa junto al Departamento de Matemática de la UTEM ha iniciado la gestión de un convenio con la **Universidad Católica del Maule**.

Durante el segundo semestre de 2023 el académico de programa **Tomas Veloz** ha sostenido conversaciones para la formalización de convenios con las siguientes instituciones: **Hogeschool Utrecht** (Holanda), **Vrije Universiteit Brussel** (Bélgica), **University of the Philippines Diliman** (Filipinas), y **Hochschule Düsseldorf** (Alemania).

# Progresión de Estudiantes

*La deserción es alta y la graduación baja.*

La Progresión de los estudiantes de las cohortes 2022 (2) y 2023 (8) no ha presentado deserción.

La graduación de la cohorte 2022 ha sido dentro de los plazos esperados (1 graduado, 1 tesis entregada ), y la de 2023 está bien aspectada (8 proyectos de tesis aprobados).

# Rediseño Plan de Estudios

- Competencias: actualizadas.
- Requisitos de admisión y proceso de selección.
- Malla curricular.
- Plan de estudios.
- Estrategias de seguimiento y pronta graduación.
- Aseguramiento de la Calidad.
- Matriz de Coherencia Curricular.
- Programas de asignaturas.
- Reglamento Interno del Programa.

# ¿Por qué darle continuidad al programa?

- Compromiso de la Universidad en el Plan de Desarrollo Institucional 2021-2025 para aumentar la producción científica de alta calidad y diversificar las áreas de investigación de acuerdo con los desafíos del país y la región.
- Propósito de la Universidad de incrementar la oferta de programas de postgrado que cumplan con estándares acreditables como parte de su compromiso de fortalecerse en términos de capital humano e infraestructura, así como en su presencia e impacto a nivel nacional e internacional.
- Rol del Departamento de Matemática en el desarrollo de la investigación, la organización de seminarios, workshops, y la creación de una revista científica en el área de la Biomatemática.
- Compromiso del Claustro del Magíster en Biomatemática con la calidad, sostenibilidad y los estudiantes del programa.

# Líneas de Investigación

**Modelamiento Dinámico en Biomatemática:** El modelamiento dinámico en biomatemática se centra en el estudio de procesos biológicos a lo largo del tiempo, analizando cómo las variables cambian y evolucionan. Este enfoque utiliza ecuaciones diferenciales o discretas para representar y predecir las dinámicas temporales de los elementos biológicos.

**Modelamiento Estructural en Biomatemática:** El modelamiento estructural en biomatemática se enfoca en la descripción de la organización y la arquitectura de los componentes biológicos sin considerar explícitamente el factor temporal. Este enfoque utiliza herramientas como grafos, redes y modelos topológicos para representar las relaciones espaciales y estructurales entre diferentes elementos biológicos. El objetivo principal es entender cómo las partes constituyentes de un sistema biológico interactúan para configurar propiedades o funciones biológicas relevantes.

# Malla Curricular

Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4
Introducción a la Biomatemática (4 SCT)	Proyecto de Tesis (4 SCT)	Tesis I (10 SCT)	Tesis II (22 SCT)
Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (6 SCT)	Modelamiento Estructural en Biomatemática (6 SCT)	Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos (6 SCT)	
Probabilidad y Procesos Estocásticos (6 SCT)	Modelamiento Dinámico en Biomatemática (6 SCT)	Electivo II (6 SCT)	
Métodos Numéricos y Programación (6 SCT)	Electivo I (6 SCT)		
<b>22 SCT - Chile</b>	<b>22 SCT - Chile</b>	<b>22 SCT - Chile</b>	<b>22 SCT - Chile</b>

<b>Parámetros</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
Arancel anual	\$1.800.000	
Arancel Total	\$3.600.000	
Matrícula	\$166.000	\$174.300
Valor Hora Docencia (equivalente a valor hora de reemplazo convenio tipo A)	\$20.000	\$21.000
Año de Inicio	2021	
Arancel con descuento 100%		0%
Over Head Central		0%
Over Head Facultad		0%
Over Head VRIP		0%
Otras Provisiones		0%
Tasa Descuento Clásica		0%
Manutención mensual	\$250.000	
Director Programa	\$3.585.444	\$298.787

## Flujo de Estudiantes

CONCEPTOS	2023	2024
ESTUDIANTES NUEVOS	8	5
ESTUDIANTES ANTIGUOS 100% descto.	2	5
ESTUDIANTES ANTIGUOS sin descto.		3
RETIROS/ELIMINACIONES		
Tesis	4	8
Estudiantes con manutención	3	6
<b>ESTUDIANTES VIGENTES</b>	<b>10</b>	<b>13</b>
INGRESOS POR MATRÍCULA	\$1.328.000	\$830.000
INGRESOS POR ARANCEL	-	\$5.400.000

2025

5

5

5

6

**10**

\$1.743.000

-

## DETALLE DE HORAS DIRECTAS

Plan	Semestre	Asignatura	2024
1	1	Ecología Matemática	
1	1	Modelamiento Diferencial	
1	1	Modelamiento Estocástico	
1	2	Epidemiología Matemática	
1	2	Modelamiento Matricial	
1	2	Modelamiento Numérico	
1	3	Biotecnología Matemática	72
1	3	Electivo Avanzado I	72
1	3	Proyecto Tesis	72
1	4	Electivo Avanzado II	72
1	4	Tesis	-
2	1	Introducción a laBiomatemática	72
2	1	Teoría Cualitativa deEcuacionesDiferencialesOrdinarias	72
2	1	Probabilidad yProcesos Estocásticos	72
2	1	Métodos Numéricos yProgramación	72
2	2	Proyecto de Tesis	72
2	2	ModelamientoEstructural enBiomatemática	72
2	2	ModelamientoDinámico enBiomatemática	72
2	2	Electivo I	72
2	3	Tesis I	
2	3	ModelamientoComputacional deSistemas Biológicos	
2	3	Electivo II	
2	4	Tesis II	
		<b>Suma</b>	<b>864</b>

## DETALLE DE HORAS DIRECTAS VALORIZADAS

PLAN	Semestre	Asignatura	2024
1	1	Ecología Matemática	-
1	1	Modelamiento Diferencial	-
1	1	Modelamiento Estocástico	-
1	2	Epidemiología Matemática	-
1	2	Modelamiento Matricial	-
1	2	Modelamiento Numérico	-
1	3	Biotecnología Matemática	\$1.440.000
1	3	Electivo Avanzado I	\$1.440.000
1	3	Proyecto Tesis	\$1.440.000
1	4	Electivo Avanzado II	\$1.440.000
1	4	Tesis	-
2	1	Introducción a laBiomatemática	\$1.440.000
2	1	Teoría Cualitativa deEcuacionesDiferencialesOrdinarias	\$1.440.000
2	1	Probabilidad yProcesos Estocásticos	\$1.440.000
2	1	Métodos Numéricos yProgramación	\$1.440.000
2	2	Proyecto de Tesis	\$1.440.000

2	2	Modelamiento Estructural en Biomatemática	\$1.440.000
2	2	Modelamiento Dinámico en Biomatemática	\$1.440.000
2	2	Electivo I	\$1.440.000
2	3	Tesis I	-
2	3	Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos	-
2	3	Electivo II	-
2	4	Tesis II	-
		<b>Suma</b>	<b>\$17.280.000</b>

---

2025
72
72
72
72
72
72
72
72
72
72
108
72
72
108
<b>936</b>

---

2025
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
\$1.512.000
\$1.512.000
\$1.512.000
\$1.512.000
\$1.512.000

\$1.512.000
\$1.512.000
\$1.512.000
\$2.268.000
\$1.512.000
\$1.512.000
\$2.268.000
<b>\$19.656.000</b>

# Magíster en Biomatemática

## DETALLE

Matrícula

Aranceles

## INGRESOS

Docentes

Convenios docentes honorarios

Movilidad académicos

Docentes tesistas

## COSTOS ACADÉMICOS

Director programa

## HONORARIOS NO ACADÉMICOS

Materiales básicos de enseñanza (suscripción bases de datos de la especialidad)

## LIBROS Y PUBLICACIONES TÉCNICAS

Difusión

## DIFUSIÓN

Licencias de software

## ADQUISICIÓN DE PROGRAMAS O LICENCIAS

Giro para rendir (gastos menores)

Seminarios nacionales y/o internacionales (coffee break)

Coffee break otros eventos

## OTROS SERVICIOS

Compra de equipos

## PLAN DE DESARROLLO

Ayudantías de investigación

## APOYO INSTITUCIONAL A ESTUDIANTES

TOTAL COSTOS

FLUJO DE CAJA NETO

2024	2025
\$830.000	\$1.743.000
\$5.400.000	-
<b>\$6.230.000</b>	<b>\$1.743.000</b>
\$14.400.000	\$16.632.000
\$2.880.000	\$3.024.000
\$2.000.000	\$2.000.000
\$6.080.000	\$3.990.000
<b>\$25.360.000</b>	<b>\$25.646.000</b>
\$3.585.444	\$3.764.716
<b>\$3.585.444</b>	<b>\$3.764.716</b>
\$500.000	\$500.000
<b>\$500.000</b>	<b>\$500.000</b>
-	-
-	-
-	-
-	-
\$250.000	\$250.000
\$400.000	\$400.000
\$200.000	\$200.000
<b>\$850.000</b>	<b>\$850.000</b>
\$1.000.000	\$1.000.000
<b>\$1.000.000</b>	<b>\$1.000.000</b>
\$15.000.000	\$15.000.000
<b>\$15.000.000</b>	<b>\$15.000.000</b>
\$46.295.444	\$46.760.716
\$-40.065.444	\$-45.017.716

Estimada Vicerrectora Académica

Sandra Gaete Mejías

Agradecemos las observaciones realizadas al Formulario de Rediseño del Magíster en Biomatemática y a continuación detallamos nuestras respuestas:

- 1) Se indica que el Programa tiene dependencia del Departamento de Matemática y del Departamento de Biotecnología, lo que no parece consistente con la declaración y presentación que realizó el propio Magister cuando manifestó que se trata de un programa disciplinar en Matemática (pág 4).

Debido a que la resolución de creación del programa (Res 2033 de 2020) consideraba la dependencia del Magister de ambos Departamentos de la Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente, nos pareció razonable mantener esta doble dependencia, por motivos de mayor sostenibilidad.

Además de la presente observación, esta misma se nos hizo llegar desde la Dirección de Postgrado. Nos parece una observación pertinente y por lo tanto, hemos decidido modificar este punto tomando en consideración lo que se plantea, el programa quedará dependiente sólo del Departamento de Matemática.

- 2) Hay dos académicos en el claustro profesores Marcelo Rivas y Vladimir Silva del área de Biotecnología, pero se señala que cumplen con la orientación de productividad de Matemática, por lo que se asume producen en dicha disciplina. Sin embargo, el detalle de la productividad no viene en el documento por lo que no fue posible verificar la productividad en el área de Matemática (pág 20).

Agradecemos esta observación, y para hacernos cargos de ella podemos mencionar lo siguiente:

- a. El académico Marcelo Rivas realiza investigación en Biología Computacional y Metabolismo, apoyándose en el modelamiento estructural en biomatemática y la implementación computacional de estos modelos por medio de librerías de Python. Por ejemplo, en su publicación del 2020 *Metabolic flux configuration determination using information entropy*, basándose en el hecho bien conocido de que el flujo metabólico al interior de una célula puede modelarse por medio de un sistema de ecuaciones lineales (de escala genómica), ellos proponen buscar entre todas las soluciones posibles aquella que tenga la máxima entropía, en otras palabras, transforman el problema de estimación de flujos metabólicos en un problema de optimización (no lineal) matemática de gran escala. Marcelo, junto a otros colaboradores, ha continuado desarrollando estas ideas en las publicaciones de 2023: *Phenotype-specific estimation of metabolic fluxes using gene expression*

data. *Iscience*, 26(3), y Metabolic diversity in cell populations: probability densities over the flux polytope. In *Economic Principles in Cell Biology* (pp. 1-22).

- b. El académico Wladimir Silva realiza investigación en Ingeniería en Alimentos, apoyándose en el modelamiento estructural en biomatemática, entre las principales herramientas matemáticas que maneja podemos mencionar: la Ley de Fick (para la difusión), las Ecuaciones de Conducción de Calor, de Transferencia de Masa, y de Balances de Materia y Energía en Procesos. Referimos a los artículos científicos: [Anisotropic diffusion assessment in salmon \(salmo salar\) composite muscle tissue: Theoretical and image-processing experimental approaches. \*Food and Bioproducts Processing\*, 123, 31-41](#), y [Design of dipalmitoyl lecithin liposomes loaded with quercetin and rutin and their release kinetics from carboxymethyl cellulose edible films. \*Journal of Food Engineering\*, 224, 165-173](#).
- c. Finalmente, mencionamos que el claustro se sitúa en mayor proporción en el ámbito de especialidad del Magíster, lo que concuerda con lo planteado en el documento Criterios Para la Acreditación de Programas de Postgrado (Res DJ N°006-4) en la página 13:
- i. “Claustro de Profesores: que debe demostrar dedicación proporcional a las actividades de docencia, dirección de tesis y administración del programa. Debe estar conformado, al menos, por cuatro académicos con jornada completa en la institución y con líneas de investigación activas en el ámbito de especialización, demostrables a través de publicaciones y participación en proyectos de investigación.
  - ii. Trayectoria, productividad y sustentabilidad: El cuerpo académico del programa, en sus distintas categorías debe evidenciar una trayectoria académica de relevancia y pertinente al ámbito disciplinario en que se desarrolla el magíster. La trayectoria académica considera el nivel de publicaciones científicas y patentes, participación en proyectos de investigación, experiencia en dirección de tesis de magíster. En lo global, se debe disponer de un cuerpo académico que evidencie un aporte sustantivo al conocimiento en el ámbito de estudio propio del programa.

La trayectoria académica del cuerpo de profesores del programa debe situarse en una mayor proporción en el ámbito de especialidad de éste, de manera que las cualificaciones con que cuente resulten consistentes con las líneas de investigación definidas en las que se espera formar a los estudiantes.”

- 3) En relación al equipamiento institucional se señalan requerimientos para un laboratorio de computación. No queda claro si el desarrollo del Programa es viable sin ese laboratorio, que en la actualidad no existe. Los requerimientos de equipamiento

deben realizarse por las vías institucionales establecidas para ello, no a través del Formulario de Rediseño (pág 22).

Agradecemos esta importante observación. En primer lugar, queremos aclarar que el programa es viable sin este laboratorio. En segundo lugar, mencionar que incluimos la solicitud de este equipamiento debido a que el formulario entregado tenía la instrucción:

“Indicar laboratorios, bibliotecas y otras instalaciones que utilizarán los/as académicos/as y estudiantes del programa, con su respectivo detalle (descripción, capacidad y metros). Estableciendo claramente si están disponibles o son requeridos.”

Ahora que se nos ha informado que esta solicitud no debe ir en el documento y que existe otro procedimiento formal para solicitar dicho equipamiento, hemos quitado ese requerimiento del formulario.

- 4) Respecto de los beneficios y ayudas estudiantiles no se señalan los adscritos al Departamento de Desarrollo Estudiantil referido a apoyo psicológico, médico u otros que están disponible para estudiantes de postgrado (pág 27).

Muchas gracias por este comentario, se incluyeron los aspectos señalados.

- 5) En lo referido a mecanismos de seguimiento de graduados se señala la Red de Titulados como mecanismo disponible. Se sugiere ponerlo en condicional pues si bien es cierto existe un compromiso de la VTTE de avanzar en la red de egresados de postgrado, en la actualidad dicha red sólo opera para el pregrado (pág 30).

Muchas gracias por esta observación, se modificó la redacción del párrafo para aclarar que la red de seguimiento es para egresados y titulados de pregrado y se proyecta que en el futuro sea para egresados de postgrado.

Atentamente,

Manuel Arenas Carmona y Daniel Sepúlveda Oehninger.

Santiago, 30 de enero de 2024

## **CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE MODIFICACIONES AL PLAN DE ESTUDIOS Y REGLAMENTO INTERNO DE MAGÍSTER EN BIOMATEMÁTICA**

El Consejo de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana, en sesión virtual efectuada con fecha 30 de enero de 2024, por unanimidad de sus miembros presentes en ejercicio, que de acuerdo con la Resolución Exenta N° 0750 de 2017, Capítulo III, Artículo 45, del Reglamento General de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana, da su aprobación a las modificaciones al Plan de Estudios y Reglamento Interno del programa del Magíster en Biomatemática, para ser presentado ante los cuerpos Colegiados en sus respectivos trámites.

**Dr. Jorge Rodríguez Becerra**  
Director Escuela de Postgrado  
Universidad Tecnológica Metropolitana

## **CERTIFICADO N 13/2024.**

El Consejo Académico de la Universidad Tecnológica Metropolitana, vía Consulta electrónica, realizada con fecha 01 de febrero de 2024, por la unanimidad de sus miembros y a proposición de la Sra. Rectora acordó aprobar:

**LAS MODIFICACIONES AL PLAN DE ESTUDIOS Y REGLAMENTO INTERNO DEL  
MAGISTER EN BIOMATEMÁTICA.**

MARIO TORRES ALCAYAGA  
SECRETARIO GENERAL

SANTIAGO, febrero 01 de 2024.

## **CERTIFICADO HONORABLE CONSEJO SUPERIOR N°06/2024**

El Honorable Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Metropolitana, vía correo electrónico el día 02 de febrero de 2024, por mayoría de sus miembros en ejercicio, a proposición de la Sra. Rectora aprobó:

**LAS MODIFICACIONES AL PLAN DE ESTUDIOS Y REGLAMENTO INTERNO DEL MAGISTER EN BIOMATEMÁTICA.**

Mario Ernesto Torres Alcayaga  
Secretario General

SANTIAGO, 02 de febrero de 2024.

Santiago, 07 de marzo de 2024

**Respuesta a Dirección Jurídica, Precisiones de Modificación a la Resolución 02033 de 2020**

Considerando 4.

**Donde Dice:** 4. Que la presente propuesta, tiene como elementos distintivos el desarrollo multidisciplinar, creando un espacio colaborativo entre los departamentos de Matemática y Biotecnología, que le permitirá ofrecer una alternativa de continuidad formativa a nivel de postgrado a los estudiantes egresados

**Debe decir:** Que la presente propuesta, tiene como elemento distintivo el desarrollo del modelamiento matemático aplicado a sistemas biológicos, creando un espacio colaborativo entre los departamentos de Matemática y Biotecnología, que le permitirá ofrecer una alternativa de continuidad formativa a nivel de postgrado a los estudiantes egresados de las carreras de Ingeniería y Ciencias.

Resuelvo:

I.- **Donde Dice:** “ ... a través de la Escuela de Postgrado y de los Departamentos de Matemática y Biotecnología, ... ”

**Debe decir:** “ ... a través de la Escuela de Postgrado y del Departamento de Matemática,...”

I.- **Donde Dice:** “ Para postular al Programa de ...”

**Debe decir:** “El Magíster en Biomatemática está dirigido a licenciados/as y profesionales provenientes de las áreas de Ingeniería, Licenciatura en Matemática o Física, así como áreas afines con interés en el modelamiento matemático de sistemas biológicos. Los y las postulantes deberán tener conocimiento de Cálculo Diferencial e Integral en Varias variables y Álgebra Lineal, como parte de sus estudios previos. Para postular al Programa de Magíster en Biomatemática es necesario:”

**Donde Dice:**

a) Estar en posesión de grado de licenciatura o título profesional en el ámbito de la matemática, biología, biotecnología o alguna especialidad relacionada a éstas o estar en posesión del título profesional de Ingeniero civil o equivalente.

**Debe decir:**

a) “Estar en posesión del grado académico de Licenciatura o Título profesional equivalente de cuatro o más años de estudio en Universidades reconocidas por el Ministerio de Educación de Chile o su equivalente para postulantes de origen extranjero, cuya formación cumpla con un ciclo básico de matemática que sea compatible con los requisitos del programa.”

**Donde Dice:**

“ ... que constan en el punto B6 requisitos de Admisión y Selección de la Estructura de Presentación de Proyectos de Postgrado ”

**Debe decir:** “ ... que constan en el punto B8 requisitos de Admisión y Selección de la Estructura de Formulación de Programas de Postgrado del Magíster en Biomatemática”

II.-

**Donde Dice:**

**Objetivo General**

Formar especialistas en el área de la Biomatemática, con grado de magíster, con fuerte base teórica y metodológica multidisciplinaria, capaces de comprender, interpretar y desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

**Objetivo Específico**

Fortalecer el trabajo en equipos multidisciplinarios, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.

Aportar a la generación de conocimiento en alguna de las líneas de investigación sustentadas por el programa en el área de la Biomatemática, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico y/o sector productivo.

**Debe decir:**

**“Objetivo General:**

Formar especialistas con grado de magíster con fuerte base teórica y metodológica, capaces de desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir al desarrollo científico y la sustentabilidad económica, ambiental y social del país y la región.

**Objetivos Específicos:**

Fortalecer el trabajo en equipo, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.

Aportar a la generación de conocimiento del ámbito de la matemática aplicada a los sistemas biológicos, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico o sector productivo, con énfasis en el desarrollo sustentable con responsabilidad social.”

III.-

**Donde Dice:**

“2160 horas pedagógicas...”

**Debe decir:** “3168 horas pedagógicas...”

**Donde Dice:**

“11 asignaturas...”

**Debe decir:** “12 asignaturas...”

**Donde Dice:**

“60 créditos.”

**Debe decir:** “88 créditos.”

AÑO 1				AÑO 2			
SEM 1 22 SCT		SEM 2 22 SCT		SEM 3 22 SCT		SEM 4 22 SCT	
Introducción a la Biomatemática	4 SCT	Proyecto de Tesis	4 SCT	Tesis I	10 SCT	Tesis II	22 SCT
	MOD1		TES1		TES2		TES3
Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	6 SCT	Modelamiento Estructural en Biomatemática	6 SCT	Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos	6 SCT		
	MAT1		MOD2		MOD 4		
Probabilidad y Procesos Estocásticos	6 SCT	Modelamiento Dinámico en Biomatemática	6 SCT	Electivo II	6 SCT		
	MAT2		MOD3		ELE2		
Métodos Numéricos y Programación	6 SCT	Electivo I	6 SCT				
	MAT3		ELE1				

P e r i o d o	Código	Asignatura	D u r a c i ó n t e m p o r a l ( m e s e s , s e m a n a s , d í a s )	Horas semanales							S C T - C H I L E	Requisitos	
				Horas pedagógicas						T o t a l h o r a s i n d i r e c t a s ( e x t r a a u l a )			T o t a l h o r a s c r o n o l ó g i c a s
				T e o r í a	L a b o r a t o r i o	T a l l e r	T o t a l h o r a s d i r e c t a s ( a u l a )	T o t a l h o r a s i n d i r e c t a s ( e x t r a a u l a )	T o t a l h o r a s				
11		Introducción a la Biomatemática	18	4	0	0	4	4	8	6	4		
12		Teoría Cualitativa de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	18	4	0	0	4	8	12	9	6		
13		Probabilidad y Procesos Estocásticos	18	4	0	0	4	8	12	9	6		

14		Métodos Numéricos y Programación	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
21		Proyecto de Tesis	18	4	0	0	4	4	8	6	4	
22		Modelamiento Estructural en Biomatemática	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
22		Modelamiento Dinámico en Biomatemática	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
24		Electivo I	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
31		Tesis I	18	6	0	0	6	14	20	15	10	Proyecto de Tesis
32		Modelamiento Computacional de Sistemas Biológicos	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
33		Electivo II	18	4	0	0	4	8	12	9	6	
41		Tesis II	18	6	0	0	6	38	44	33	22	Proyecto de Tesis
GRADO DE MAGÍSTER												

#### IV.

##### **Donde Dice:**

Los programas de estudios de las asignaturas del plan de estudio son los que constan en el anexo I.1 del documento Estructura de Presentación de Proyectos Postgrado páginas 60 hasta la 96 que se acompaña a la presente resolución exenta formando parte integrante de la misma para todos los efectos legales.

Los referidos programas sólo podrán modificarse de conformidad con la reglamentación vigente.

**Debe decir:** “Los programas de las asignaturas incluidas en el plan de estudios y las disposiciones del reglamento interno del Magíster en Biomatemática se encuentran detallados en el ANEXO FORMATO DE PROGRAMAS DE ASIGNATURAS, abarcando las

páginas 39 a 111, y en el ANEXO REGLAMENTO INTERNO DEL PROGRAMA, comprendiendo las páginas 112 a 124, respectivamente, dentro del documento titulado "Presentación de Proyecto de Rediseño del Magíster en Biomatemática". Estos anexos se adjuntan a la presente resolución, formando parte integral de la misma para todos los propósitos legales.

Los referidos programas y reglamento sólo podrán modificarse de conformidad con la reglamentación vigente.”

V.

**Donde Dice:**

Los requisitos de graduación están contemplados en el Título IV de la propuesta de Reglamento Interno del Programa (artículos 25 al 34) en concordancia con Reglamento General de Postgrado de la Universidad. En particular el artículo 25 especifica lo siguiente:

Los estudiantes del Programa, deberán desarrollar una Tesis de Graduación durante su último semestre. Según lo establecido en el Artículo 30 del Reglamento General de Postgrado. La tesis es una actividad de carácter individual, en donde el estudiante deberá demostrar que ha adquirido el conocimiento y las competencias establecidas en el Artículo 4 de este reglamento y será sometida a evaluación según lo estipulado en el Artículo 30 del presente reglamento.

Para obtener el grado de Magíster en Biomatemática, el estudiante deberá realizar una presentación oral de los resultados de sus tesis en un congreso especializado. Dicha presentación deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académico del Programa, tal como lo estipula el Artículo 34 del presente reglamento.

El requisito descrito en el párrafo anterior, podrá ser reemplazado por el envío de un artículo científico con los resultados de la tesis, a una revista especializada. El envío del artículo deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académica del Programa tal como lo estipula el Artículo 30 del presente reglamento.

Será responsabilidad del Comité Académico del Programa evaluar la pertinencia del congreso o de la revista que hace alusión los párrafos anteriores.

**Debe decir:** “Los requisitos de graduación están contemplados en el Título IX del Reglamento Interno del Programa (artículos 23 al 29) en concordancia con el Reglamento General de Postgrado de la Universidad. En particular el artículo 23 especifica lo siguiente:

El programa contempla una actividad final de graduación que consiste en una tesis original, que podría derivar en un trabajo publicado en una revista con Comité Editorial o en una revisión monográfica, acorde con el carácter académico del Magíster. La evaluación de la tesis incluye la presentación del informe escrito, y su defensa pública. Se aplicará una ponderación de 60% para el trabajo escrito y 40% para la defensa pública. Para optar a la defensa pública será necesario la previa aprobación del trabajo de tesis escrito por la comisión evaluadora o comité de tesis. La nota mínima de aprobación de esta actividad curricular será de 5,5 en escala de 1 a 7.

La actividad de graduación será acorde al perfil de graduación declarado por el programa, y permitirá demostrar la adquisición, por parte del o la estudiante, de las competencias definidas en éste.

La actividad de graduación se desarrollará en el marco de alguna de las líneas de investigación del programa.”

**Dr. Jorge Rodríguez Becerra**  
Director Escuela de Postgrado  
Universidad Tecnológica Metropolitana

**SANTIAGO, 2 OCTUBRE 2020**

**RESOLUCION N° 02033 EXENTA**

**VISTOS:** lo dispuesto en la Ley N° 19.239; en el D.S. N° 130 de 2017; en la letra d) del artículo 11 y artículo 12 del D.F.L. N° 2 de 1994, ambos del Ministerio de Educación; la Resolución Exenta N°0750 de 2017; el Certificado del Consejo de Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente de fecha 17 de julio de 2018; el Certificado del Consejo Académico de fecha 31 de agosto de 2020; el Certificado del Consejo Superior de fecha 21 de septiembre de 2020; el Memorándum N°093 de 2020; y

**CONSIDERANDO:**

1. Que el artículo 2° de la Ley N°19.239 de 1993, establece que la Universidad Tecnológica Metropolitana tendrá las funciones que, de acuerdo con la legislación vigente, son propias de este tipo de instituciones. Su objeto fundamental será ocuparse, en un nivel avanzado, de la creación, cultivo y transmisión de conocimientos por medio de la investigación básica y aplicada, la docencia y la extensión en tecnología, y de la formación académica, científica, profesional y técnica orientada preferentemente al quehacer tecnológico.

2. Lo establecido en el artículo 3° punto I del D.F.L N°2 de 1994, en orden que, para la promoción de sus fines y el cumplimiento de sus objetivos, la Universidad Tecnológica Metropolitana estará especialmente facultada para otorgar grados académicos, títulos profesionales y técnicos, así como diplomas y certificados que acrediten conocimientos y expedir los instrumentos en que ello conste.

3. Que la Universidad Tecnológica Metropolitana ha declarado dentro de su misión, visión y objetivos institucionales, el desarrollo de la multidisciplinaria y su compromiso con el medio ambiente y el desarrollo sustentable. En el Plan de Desarrollo Estratégico Institucional para el período 2016 - 2020, la Universidad se ha planeado el objetivo de incrementar y diversificar su oferta de postgrado vinculada estrechamente al desarrollo del I+D+i. En tal sentido, la presente propuesta refuerza el propósito institucional de complejizar su quehacer precisamente en las áreas que constituyen su sello institucional.

4. Que la presente propuesta, tiene como elementos distintivos el desarrollo multidisciplinar, creando un espacio colaborativo entre los departamentos de Matemática y Biotecnología, que le permitirá ofrecer una alternativa de continuidad formativa a nivel de postgrado a los estudiantes egresados de las carreras de Ingeniería en general y los de Biotecnología en particular.

5. Que la Resolución Exenta N°0750 de 2017 aprueba el Reglamento General de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

6. Lo acordado por el Consejo de Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente en sesión de 17 de julio de 2018; lo informado por el Consejo Académico en sesión virtual de fecha 21 de agosto y certificado por el Secretario del Consejo Académico con fecha 31 de agosto, ambas fechas de 2020; lo aprobado por el Consejo Superior en sesión virtual de fecha 10 de septiembre y certificado por el Secretario del Consejo Superior con fecha 21 de septiembre, ambas fechas de 2020; el Memorándum N°093 de fecha 04 de agosto de 2020, del Director de la Escuela de Postgrado, y el acta del Consejo de Postgrado de fecha 22 de mayo de 2019.

7. Que, así las cosas, el Memorándum N°093 de 2020 del Director de la Escuela de Postgrado, dirigido a la Vicerrectora Académica es procedente, por tanto,

**RESUELVO:**

I. **Apruébese** el Programa de **MAGÍSTER EN BIOMATEMÁTICA**, que ofrecerá la Universidad Tecnológica Metropolitana a través de la Escuela de Postgrado y de los Departamentos de Matemática y Biotecnología, ambos de la Facultad de Ciencias Naturales, Matemática y del Medio Ambiente, conducente a la obtención del grado académico de Magister en Biomatemática.

Para postular al Programa de Magister en Biomatemática es necesario:

- a) Estar en posesión de grado de licenciatura o título profesional en el ámbito de la matemática, biología, biotecnología o alguna especialidad relacionada a éstas o estar en posesión del título profesional de Ingeniero civil o equivalente.
- b) Contar con dos cartas de recomendación, en el formato oficial del Programa, de académicos que hayan sido parte de su formación o desempeño académico.
- c) Presentar copia de certificado de grado o título y concentración de notas.
- d) Presentar una carta que explique la motivación de postular al Programa.

Concluido el periodo de postulación, el Comité Académico del Programa, revisará los antecedentes de los postulantes y realizará una clasificación de los postulantes en base a los criterios de asignación de puntajes y ponderaciones que constan en el punto B6 Requisitos de Admisión y Selección (Perfil de Ingreso) de la Estructura de Presentación de Proyectos Postgrado.

II. Los objetivos del Programa son:

- **Objetivo General**

Formar especialistas en el área de la Biomatemática, con grado de magíster, con fuerte base teórica y metodológica multidisciplinaria, capaces de comprender, interpretar y desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

- **Objetivo Específico**

Fortalecer el trabajo en equipos multidisciplinarios, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.

Aportar a la generación de conocimiento en alguna de las líneas de investigación sustentadas por el programa en el área de la Biomatemática, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico y/o sector productivo.

III. El Programa del Magister tendrá una duración de dos años, un total de 2.160 horas pedagógicas, se dictará en régimen semestral, en jornada diurna, modalidad presencial, con un total de 11 asignaturas, las que otorgarán un total de 60 créditos.

El programa de Asignaturas y Actividades Curriculares y la Malla Curricular son los siguientes:

### Malla Curricular

CICLOS	AÑO 1				AÑO 2			
	Semestre 1		Semestre 2		Semestre 3		Semestre 4	
CE	Ecología Matemática	5 SCT POSB8010	Epidemiología Matemática	5 SCT POSB8020	Biotecnología Matemática	5 SCT POSB8030	Electivo Avanzado II	5 SCT POSB8040
	Modelamiento Diferencial	5 SCT POSB8011	Modelamiento Matricial	5 SCT POSB8021	Electivo Avanzado I	5 SCT POSB8031		TESIS
CG	Modelamiento Estocástico	5 SCT POSB8012	Modelamiento Numérico	5 SCT POSB8022	Proyecto Tesis	5 SCT POSB8032		

## Plan de Estudio

Ciclos o Programas	Nivel	Código	Asignatura	Duración en semanas	Horas Semanales							SCT-Chile	Requisitos
					Horas Pedagógicas					Total Horas Cronológicas			
					Teoría	Laboratorio	Taller	Total Aula	Total Extra Aula		Total Horas		
CE	11	POSB8010	Ecología Matemática	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	12	POSB8011	Modelamiento Diferencial	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	13	POSB8012	Modelamiento Estocástico	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	21	POSB8020	Epidemiología Matemática	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	22	POSB8021	Modelamiento Matricial	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	23	POSB8022	Modelamiento Numérico	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8011 POSB8012
CE	31	POSB8030	Biotecnología Matemática	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CG	32	POSB8031	Electivo Avanzado I	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8021 POSB8022
CG	33	POSB8032	Proyecto de Tesis	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8010 POSB8020 POSB8021 POSB8022
CG	41	POSB8040	Electivo Avanzado II	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8031
CG	42	POST8041	TESIS	18					20	20	15	10	POSB8032 POSB8040
<b>GRADO DE MAGÍSTER</b>													

IV. Los programas de estudios de las asignaturas del plan de estudio son los que constan en el anexo I.1 del documento Estructura de Presentación de Proyectos Postgrado páginas 60 hasta la 96 que se acompaña a la presente resolución exenta formando parte integrante de la misma para todos los efectos legales.

Los referidos programas sólo podrán modificarse de conformidad con la reglamentación vigente.

V. Los requisitos de graduación están contemplados en el Título IV de la propuesta de Reglamento Interno del Programa (artículos 25 al 34) en concordancia con Reglamento General de Postgrado de la Universidad. En particular el artículo 25 especifica lo siguiente:

Los estudiantes del Programa, deberán desarrollar una Tesis de Graduación durante su último semestre. Según lo establecido en el Artículo 30 del Reglamento General de Postgrado. La tesis es una actividad de carácter individual, en donde el estudiante deberá demostrar que ha adquirido el conocimiento y las competencias establecidas en el Artículo 4 de este reglamento y será sometida a evaluación según lo estipulado en el Artículo 30 del presente reglamento.

Para obtener el grado de Magíster en Biomatemática, el estudiante deberá realizar una presentación oral de los resultados de sus tesis en un congreso especializado. Dicha presentación deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académico del Programa, tal como lo estipula el Artículo 34 del presente reglamento.

El requisito descrito en el párrafo anterior, podrá ser reemplazado por el envío de un artículo científico con los resultados de la tesis, a una revista especializada. El envío del artículo deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académico del Programa tal como lo estipula el Artículo 30 del presente reglamento.

Será responsabilidad del Comité Académico del Programa evaluar la pertinencia del congreso o de la revista que hace alusión los párrafos anteriores.



**VI.** Las fechas, horarios y lugar en que se ofrecerá el programa, como asimismo el valor, modalidades de pago y el académico responsable del mismo se fijarán en las resoluciones exentas que autoricen la dictación de cada una de sus versiones.

Registres y Comuníquese,

DISTRIBUCIÓN:

Vicerrectoría Académica (con antecedentes)  
Vicerrectoría de Administración y Finanzas  
Vicerrectoría de Investigación y Postgrado  
Contraloría Interna (con antecedentes)  
Dirección General de Análisis Institucional y Desarrollo Estratégico  
Dirección Jurídica  
Dirección de Finanzas  
Escuela de Postgrado (con antecedentes)  
Dirección de Investigación  
Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente  
Departamento de Matemáticas  
Departamento de Biotecnología  
Departamento de Aranceles  
Unidad de Títulos y Grados  
Unidad de Control Presupuestario  
Programa de Comunicación y Asuntos Públicos

PCT/jgcf



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, MATEMÁTICAS Y MEDIO AMBIENTE  
DECANATO

SANTIAGO, 17 de Julio 2018

ACTA DE ACUERDO

El día de hoy se ha reunido el Consejo de Facultad para revisar las modificaciones propuestas Al Programa de Magister en Biomatemática.

El Consejo, por unanimidad de sus miembros aprobó el programa propuesto por Departamento de Matemática.

Se destaca la pertinencia de los objetivos del proyecto en relación al Plan de Desarrollo Estratégico de la Facultad, así como también la voluntad de facilitar la participación de los académicos mencionados en el proyecto y del uso de la infraestructura necesaria para el desarrollo del proyecto

  
Rosa Barrera Pantoja  
Secretaria de Facultad

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA  
SECRETARIO  
FAC. CIEN. NAT. MAT. Y DEL MEDIO AMBIENTE



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, MATEMÁTICAS Y MEDIO AMBIENTE

Santiago 20 de julio de 2018

**CARTA APOYO PROGRAMA MAGÍSTER**

El Director de Departamento que suscribe autoriza y apoya la participación de los académicos Dr. Ricardo Castro Santis, Dra. Cecilia Donoso Concha, Dr. Miguel Montenegro Concha, Dr. Daniel Sepúlveda Oehninger y Dr. Gustavo Ossandón Araya, todos pertenecientes al Departamento de Matemática de la Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente, a participar y colaborar en el Programa de Magíster en Biomatemática propuesto por el Departamento de Matemática de la misma Facultad.

Así mismo también se autoriza el uso de infraestructura del Departamento de Matemática si ello fuese necesario.



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gustavo Ossandón Araya', written over a horizontal line.

Gustavo Ossandón Araya  
Director Departamento Matemática



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, MATEMÁTICAS Y MEDIO AMBIENTE**

Santiago 20 de julio de 2018

**CARTA APOYO PROGRAMA MAGÍSTER**

La Directora de Departamento que suscribe autoriza y apoya la participación de los académicos Dr. Cristian Becerra Baeza y Dr. Roberto Landaeta Le-Fort, ambos pertenecientes al Departamento de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente, a participar y colaborar en el Programa de Magíster en Biomatemática propuesto por el Departamento de Matemática de la misma Facultad.

Así mismo también se autoriza el uso de infraestructura del Departamento de Biotecnología si ello fuese necesario.



A handwritten signature in blue ink is written over the stamp. The signature is cursive and appears to read 'Laura Gómez Arevalo'.

Laura Gómez Arevalo  
Directora Departamento Biotecnología

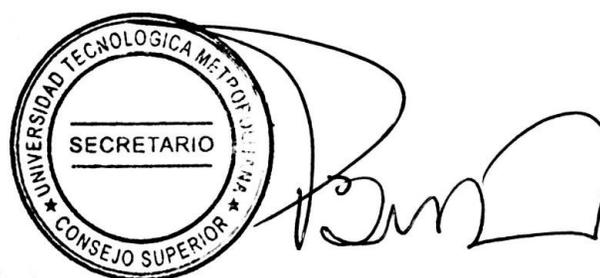
## C E R T I F I C A D O

El Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Metropolitana, en Sesión VIRTUAL realizada con fecha 10 de septiembre de 2020, por la unanimidad de sus miembros en ejercicio y a proposición del Sr. Rector, acordó probar el siguiente Programa de Magíster que se indica, presentado por la Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente:

- **APRUEBA PROGRAMA MAGÍSTER EN BÍO MATEMÁTICA.**

Cabe señalar, la siguiente documentación que se indica, como respaldo del Programa de Magíster aprobado:

- 1.- Memorando N° 093 del Sr. Director de PostGrado
- 2.- Carta de Apoyo al Programa de Magíster, del Sr. Director Dpto. de Matemáticas.
- 3.- Carta de Apoyo al Programa de Magíster, de la Sra. Directora del Dpto. de Biotecnología.
- 4.- Acta de Acuerdo del Consejo de Facultad 17.07.2018, Fac. de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente.
- 5.- Correo de la Sra. VRA., envía antecedentes del Magíster
- 6.- Certificado de Consejo 22.05.2019., de Vicerrectoría de Investigación y Postgrados.
- 7.- Correo del Sr. Ricardo Castro Santis, al Sr. Director de Postgrados.
- 8.- Informe de Evaluación de Propuesta, del Programa de PostGrado
- 9.- Evaluación Financiera de Magíster en Bío Matemática
- 10.- Presentación del Programa de Magíster en Bío Matemáticas.



PATRICIO BASTÍAS ROMÁN  
SECRETARIO  
CONSEJO SUPERIOR

SANTIAGO, septiembre 21 de 2020.

## C E R T I F I C A D O

El Consejo Académico de la Universidad Tecnológica Metropolitana, en Sesión VIRTUAL realizada con fecha 21 de agosto de 2020, por la unanimidad de sus miembros en ejercicio y a proposición del Sr. Rector, acordó informar favorablemente, el siguiente Programa de Magíster que se indica, presentado por la Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente:

- **APRUEBA PROGRAMA MAGÍSTER EN BÍO MATEMÁTICA.**

Cabe señalar, la siguiente documentación que se indica, como respaldo del Programa de Magíster aprobado:

- 1.- Memorando N° 093 del Sr. Director de PostGrado
- 2.- Carta de Apoyo al Programa de Magíster, del Sr. Director Dpto. de Matemáticas.
- 3.- Carta de Apoyo, al Programa de Magíster, de la Sra. Directora del Dpto. de Biotecnología.
- 4.- Acta de Acuerdo del Consejo de Facultad 17.07.2018., Fac. de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente.
- 5.- Correo de la Sra. VRA., envía antecedentes del Magíster
- 6.- Certificado de Consejo 22.05.2019., de Vicerrectoría de Investigación y Postgrados.
- 7.- Correo del Sr. Ricardo Castro Santis, al Sr. Director de Postgrados.
- 8.- Informe de Evaluación de Propuesta, del Programa de PostGrado
- 9.- Evaluación Financiera de Magíster en Bío Matemática
- 10.- Presentación del Programa de Magíster en Bío Matemáticas.



PATRICIO BASTÍAS ROMÁN  
SECRETARIO  
CONSEJO ACADÉMICO

SANTIAGO, agosto 31 de 2020.



Escuela de Postgrado

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

Santiago, 22 de mayo de 2019

## CERTIFICADO

De acuerdo con la Resolución Exenta N° 0750 de 2017, Capítulo IV, Artículo 39 del Reglamento General de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana, El Consejo de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana, en sesión efectuada con fecha 22 de mayo de 2019, N° 03-19, Aprueba la Propuesta de Creación del Programa de Magíster en Biomatemática para su presentación ante el Consejo Académico y el Consejo Superior de la Universidad.

*Daniel López Stefoni*

Vicerrector de Investigación y Postgrado  
Director(s) Escuela de Postgrado

---

**Fwd: ENVÍA CERTIF. MAGÍSTER BÍO MATEMÁTICA**

1 mensaje

**Pablo Cañon Thomas** <pcanon@utem.cl>

24 de septiembre de 2020, 9:32

Para: Guillermo Ceverio Flores &lt;gceverio@utem.cl&gt;, Maria Eliana Igor Leon &lt;migor@utem.cl&gt;, Pilar Bustos Bustos &lt;pbustos@utem.cl&gt;

responsable Ceverio  
Plazo: TRES días  
Instrucciones: hacer resolución respectiva

Pilar, Meil, por favor incluir en correspondencia y en el planner  
Gracias  
PCT

----- Forwarded message -----

De: **Secretaria General UTEM** <secgral@utem.cl>

Date: jue., 24 sept. 2020 a las 0:48

Subject: ENVÍA CERTIF. MAGÍSTER BÍO MATEMÁTICA

To: Pablo Cañon Thomas &lt;pcanon@utem.cl&gt;, Patricio Bastias Roman &lt;pbastias@utem.cl&gt;, Secretaria General UTEM &lt;secgral@utem.cl&gt;

**SR. DIRECTOR JURÍDICO:** Por encargo del Sr. Secretario General envío a usted Certificado del Consejo Superior, más documentación de respaldo, por aprobación del **MAGÍSTER EN BÍO MATEMÁTICA**.

Atentamente le saluda,

Pamela Delgado Vidal - Secretaria - SECRETARÍA GENERAL

---

**12 adjuntos**

-  **CERT..C.SUP.APROBÓ. Mg.BÍO MATEMÁTICA.pdf**  
62K
-  **Cert.C.ACAD.Apru. Mg.BÍO MATEMÁTICA (1).pdf**  
55K
-  **MEMO N°093 del Sr. DIRECTOR DE POSTGRADOS.pdf**  
53K
-  **Carta APOYO PROG.MAG.DIREC.DPTO,MATEM..pdf**  
154K
-  **CARTA APOYO PROG.MAGISTER DIREC.DPTO.BIOTECNOLOGÍA.pdf**  
142K
-  **ACTA ACUERDO CONS.FAC.CS.NAT.MAT.yM.Amb..pdf**  
144K
-  **CORREO SRA.VRA ENVÍA ANT.MAGISTER.docx**  
24K
-  **CERTIF.CONS.V.INVEST.yPOSTGRADO.pdf**  
137K
-  **CORREO SR.RICARDO CASTRO S..pdf**  
446K
-  **INFORME EVALUAC.PROPUES.PROG.MAGISTER.pdf**  
689K
-  **EVALUACIÓN FINANCIERA MAG.BIO MATEM..pdf**  
992K



**PRESENT.MAG.BIOMATEMÁTICA.pdf**  
5508K

---

## Entrega propuesta Magíster en Biomatemática

---

**Ricardo Castro Santis** <rcaastro@utem.cl>

4 de agosto de 2020, 9:52

Para: Roberto Contreras Marin <roberto.contreras@utem.cl>

Cc: Daniel Lopez <daniel.lopez@utem.cl>, "M. Antonio Gutiérrez Varas" <manuel.gutierrez@utem.cl>, Cecilia Donoso <cdonoso@utem.cl>, Marisol Duran Santis <mduran@utem.cl>, "Manuel Jeria O." <mjeria@utem.cl>

### Dr. Roberto Contreras Marín

Director Escuela de Postgrado  
Universidad Tecnológica Metropolitana

Estimado Director;

Haga llegar a usted la propuesta de Programa de Magíster en Matemática.

Se anexan los informes de las unidades técnicas pertinentes y los certificados de apoyo de los Departamentos involucrados y del Consejo de la Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente.

Atte.



**Dr. Ricardo Castro Santis**  
Coordinador Docente  
Departamento de Matemática  
Universidad Tecnológica Metropolitana

---

### 7 adjuntos

-  **Acta Consejo Facultad Ciencias.pdf**  
141K
-  **Certificado Consejo Postgrado - Mg. Biomatemática.pdf**  
138K
-  **Carta apoyo D. Biotecnología.pdf**  
138K
-  **Carta apoyo D. Matemática.pdf**  
151K
-  **Informe de UIC evaluación Propuesta de Mg en Biomatemática.pdf**  
689K

**Presupuesto Magister en Biomatemáticas y refrendación.pdf**

04-08-2020

Correo de Universidad Tecnológica Metropolitana - Entrega propuesta Magíster en Biomatemática

 989K

 **Propuesta Magíster en Biomatemática.pdf**  
5508K

**Marisol Duran**

18:39 (hace 4 horas)

para mí, Vicerrectoría, Daniel, Roberto, Manuel, Ricardo

Estimado Sr. Secretario General

Me permito enviar a usted los antecedentes del Programa de Magíster en Biomatemática para ser enviado a los Sres. Consejeros Académicos para su análisis y aprobación en el próximo Consejo Académico que se realizará el viernes 21 del presente a las 15:30 hrs.

Así también, para que los Sres. Consejeros dispongan de un tiempo adecuado para la revisión de los antecedentes se adjunta la Propuesta de Creación del Programa, Certificado del Consejo de Postgrado y documentación que respalda la propuesta. Sin embargo debo mencionar que esta pendiente el informe de pertinencia de la DGAI, que haré llegar antes del Consejo Académico para un adecuado cumplimiento de la normativa y consideración de los Sres. Consejeros. De todas maneras, puedo garantizar el cumplimiento de los aspectos académicos pues dicho Programa de Magister ha cumplido con todas las revisiones de la Vicerrectoria Académica y las relacionadas con la Vicerrectoria de Investigación y Posgrado.

Saludos cordiales,

----- Forwarded message -----

De: **Dirección Escuela de Postgrado** <[direccion.postgrado@utem.cl](mailto:direccion.postgrado@utem.cl)>

Date: mar., 4 ago. 2020 a las 12:12

Subject: ENVÍO PROPUESTA DE PROGRAMA DE MAGÍSTER EN BIOMATEMÁTICA

To: Marisol Duran <[mduran@utem.cl](mailto:mduran@utem.cl)>, Vicerrectoría Académica UTEM <[vrac@utem.cl](mailto:vrac@utem.cl)>

Cc: Daniel Asdrubal Lopez Stefoni <[daniel.lopez@utem.cl](mailto:daniel.lopez@utem.cl)>, M. Antonio Gutiérrez Varas <[manuel.gutierrez@utem.cl](mailto:manuel.gutierrez@utem.cl)>, Ricardo Castro Santis <[rcastro@utem.cl](mailto:rcastro@utem.cl)>, Manuel Jeria Orell <[mjeria@utem.cl](mailto:mjeria@utem.cl)>, Gustavo Ossandon Araya <[gusosar@utem.cl](mailto:gusosar@utem.cl)>, Escuela de Postgrado <[escuela.postgrado@utem.cl](mailto:escuela.postgrado@utem.cl)>, Cecilia Donoso Concha <[cdonoso@utem.cl](mailto:cdonoso@utem.cl)>

Estimada Vicerrectora:

Adjunto envío a usted Memorándum 093 para remitir a usted la Propuesta de Creación del Programa de Magíster en Biomatemática, con todos los antecedentes que permiten su presentación ante el Consejo Académico y el Consejo Superior de la Universidad, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento General de Postgrado.

Se adjuntan 9 archivos en total que respaldan la propuesta.

Agradeciendo su atención y esperando que se encuentre bien, le saluda muy cordialmente,

--



**Dr. Roberto Contreras Marín**

**Director Escuela de Postgrado** Universidad

Tecnológica Metropolitana(+56 2) 2787 7522 - (+56 2)

2787 7649Dieciocho # 161, Santiago, Chile[www.utm.cl](http://www.utm.cl)



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA  
*La Tecnológica del Estado de Chile*



4 AÑOS  
ACREDITADA

• GESTIÓN INSTITUCIONAL  
• DOCENCIA DE PREGRADO  
• VINCULACIÓN CON EL MEDIO  
HASTA DICIEMBRE DE 2020

Calle Dieciocho N° 161 – Santiago – Chile Fono: (56-2) 27877726

## Evaluación Financiera Magister en Bio Matemáticas

24 de enero de 2020

### Metodología para la evaluación financiera.

1. Tabla Con Flujo Total.
2. Codificación ítem de Gastos año 2020.
3. Flujo de alumnos

### Análisis:

- i. La Vicerrectoría de Investigación y Posgrado, ha realizado una propuesta respecto dictar un Magister en Bio Matemáticas, para el periodo 2020-2025.
- ii. Se determinó el VAN Institucional en un horizonte de 6 años y con tasa de descuento de 10%. El VAN Institucional del programa es positivo \$15.177.522, con un Capital de Trabajo inicial, relacionado con los gastos del primer del año de \$8.712.400. El Capital de trabajo necesario total en el horizonte evaluado es de \$8.712.400 Estos montos no son tan significativos considerando los recursos que administra presupuestariamente la Universidad y para el horizonte la evaluación.
- iii. Desde el año 2021 el Magister genera resultados contables positivos y amortiza el capital de trabajo inicial. Los resultados contables del Programa son bastantes menores respecto de los resultados de la Universidad.
- iv. La VRAF está consciente de que, si bien el programa aporta resultados financieros directos menores, reconoce su aporte en la creación de valor, vía el posicionamiento de la imagen y su acreditación van en la senda de las definiciones estratégicas del PDE 2016-2020.

### Conclusión:

El Magister en Bio Matemáticas, debe ser apoyado financieramente por la Universidad y para ello debe generarse presupuestos para la difusión de los servicios a terceros, dotar el capital trabajo solicitado y realizar las acciones pertinentes contempladas en el presupuesto.





**UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA**  
*La Tecnológica del Estado de Chile*



**4 AÑOS  
ACREDITADA**

• GESTIÓN INSTITUCIONAL  
• DOCENCIA DE PREGRADO  
• VINCULACIÓN CON EL MEDIO  
HASTA DICIEMBRE DE 2020

Calle Dieciocho Nº 161 – Santiago – Chile Fono: (56-2) 27877726

Por lo tanto, la Vicerrectoría de Administración y Finanzas APRUEBA la EJECUCIÓN del Magister en Bio Matemáticas 2020-2025 y comprometerá los recursos en los presupuestos correspondientes

**V° B° Vicerrector de Administración y Finanzas  
Gustavo Anabalón González**

hlg/vam



## MAGISTER EN BIO MATEMATICAS FLUJO ANUAL

24-01-2020	DETALLE DE COSTOS		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
			Alum		Alum		Alum		Alum		Alum		Alum	
	INGRESOS		\$ 9.955.200	\$ 23.820.400	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600
	MATRÍCULA		\$ 955.200	\$ 1.910.400	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600
	ARANCELES		\$ 9.000.000	\$ 20.160.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000
	TITULACIÓN		\$ -	\$ 1.750.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000
	PROGRAMA ACREDITADO		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	DOCENTES		\$ 6.696.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000
	DIRECTOR / Coordinador		\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080
	DIRECTOR PROGRAMA		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	ADMINISTRATIVOS		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	APOYO LABORATORIO		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	OTROS HONORARIOS		\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
	SECRETARIA		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	MATERIALES DE ENSEÑANZA		\$ 2.000.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000
	BIBLIOGRAFIA		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	UTILES DE ENSEÑANZA		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	SERVICIO DE IMPRESION, PUBLICIDAD Y DIFUSION		\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000
	AVISOS PUBLICITARIOS		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	IMPRESIONES		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	ARRIENDO DE INMUEBLES Y OTROS ARRIENDOS		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	AMORTIZACION ARRIENDO DE INMUEBLES		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	APORTE MANTENCIÓN DE LABORATORIOS DE LA UTEM		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	GASTOS EN COMPUTACION		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	ARRENDAMIENTO DE EQUIPOS		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	COMPRA DE EQUIPOS		\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	
	MATERIALES E INSUMOS COMPUTACIONALES		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	OTROS SERVICIOS		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	FOTOCOPIAS		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	TEXTOS Y REVISTAS		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	OTROS GASTOS		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	GIRO A RENDIR (GASTOS MENORES)		\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	
	INSUMOS BREAK (120 servicio de café * 1600 *14 sh)		\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
	GASTOS BASICOS (IMPREVISTOS)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Profesores visitantes (pasajes, estadía, traslado y honorarios)		\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
	GASTO ADMINISTRACION CENTRALIZADA DEL BANCO		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	<b>TOTAL GASTOS</b>		<b>\$ 16.485.080</b>	<b>\$ 19.449.080</b>										
	Obras laboratorio (doc e investiga), sala conferencias, oficina y baño		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Equipamiento audiovisual		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Licencias de software		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Equipos laboratorios y taller		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Equipamiento salas		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Equipamiento oficina		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	<b>TOTAL INVERSIONES</b>		<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
	OVERHEAD CENTRAL		\$ 995.520	\$ 2.207.040	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960
	OVERHEAD VRP		\$ 497.760	\$ 1.103.520	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480
	COSTOS DE TITULACION		\$ -	\$ 1.750.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000
	OTRAS RETENCIONES		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Provisión de Inocbrables		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	<b>TOTAL COSTOS INSTITUCIONALES</b>		<b>\$ 1.493.280</b>	<b>\$ 5.060.560</b>	<b>\$ 5.704.440</b>									
	<b>TOTAL COSTOS</b>		<b>\$ 17.978.360</b>	<b>\$ 24.509.640</b>	<b>\$ 25.153.520</b>									
	FLUJO DE CAJA NETO		\$ -8.023.160	\$ -689.240	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080
	FLUJO DE CAJA ACUMULADO		\$ -8.023.160	\$ -8.712.400	\$ -7.736.320	\$ -6.760.240	\$ -5.784.160	\$ -4.808.080	\$ -3.832.000	\$ -2.855.920	\$ -1.879.840	\$ -895.760	\$ 102.320	\$ 1.023.160
	FLUJO DE CAJA INSTITUCIONAL		\$ -6.529.880	\$ 4.371.320	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520
	INVERSION INICIAL REQUERIDA		\$ -8.712.400											
	VAN PROGRAMA		\$ -5.306.342											
	VAN INSTITUCIONAL		\$ 16.177.522											
	CAJA ACUMULADA		\$ -4.588.080											
	<b>CNE PROGRAMA</b>		<b>\$ 1.218.376,27</b>											

CNE PROGRAMA

\$ 1.218.376,27



Magister en Bio Matemáticas		año 2020
código ppto	Concepto	\$
12121.01	DOCENTES	6.696.000
12121.05	DIRECTOR PROGRAMA	2.689.080
12131.03	SECRETARIA	1.400.000
12223.01	BIBLIOGRAFIA	2.000.000
12231.04	AVISOS PUBLICITARIOS	500.000
12453.02	COMPRA DE EQUIPOS	1.000.000
12269.12	GIRO A RENDIR (GASTOS MENORES)	500.000
12269.18	INSUMOS BREAK (120 servicio de café * 1600 *14 als.)	700.000
12142.01	Profesores visitantes (pasajes, estadia, traslado y honorarios)	1.000.000
	OVER HEAD CENTRAL	995.520
	OVERHEAD VRIP	497.760
	<b>Total</b>	<b>17.978.360</b>



FLUJO ANUAL

	6	7	7	7	7	7	7
NUEVOS antiguos	-	5	6	6	6	6	6
matriculados	6	12	13	13	13	13	13
Deserción	1	1	1	1	1	1	1
Titulados	5	5	6	6	6	6	6

CONCEPTOS	2020		2021		2022		2023		2024		2025	
	Alum		Alum		Alum		Alum		Alum		Alum	
ALUMNOS NUEVOS ( sin descuento)	4		5		5		5		5		5	
ALUMNOS NUEVOS 50% DESCUENTO	2		2		2		2		2		2	
ALUMNOS ANTIGUOS( deserción cohorte 2020)	1		-		-		-		-		-	
ALUMNOS ANTIGUOS( deserción cohorte 2021)	-		1		-		-		-		-	
ALUMNOS ANTIGUOS( deserción cohorte 2022)	-		-		1		-		-		-	
ALUMNOS ANTIGUOS( deserción cohorte 2023)	-		-		-		-		-		-	
ALUMNOS ANTIGUOS( deserción cohorte 2024)	-		-		-		-		-		-	
ALUMNOS ANTIGUOS( deserción cohorte 2025)	-		-		-		-		-		-	
ALUMNOS ANTIGUOS SIN DESCUENTO	-		3		4		4		4		4	
ALUMNOSANTIGUOS DESCUENTO 50%	-		2		2		2		2		2	
MATRICULAS de cada año	6		12		13		13		13		13	
Titulación (AL AÑO 2)	-		5		6		6		6		6	
TOTAL DE INGRESOS			12		13		13		13		13	

Total al cierre del año





UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA  
*del Estado de Chile*

## **Informe de evaluación de Propuesta de Programa de Postgrado**

Nombre del magíster: Magíster en Biomatemática.

Responsable del proyecto: Ricardo Castro S.

Informe elaborado por: Andrea Aguayo L.

Fecha de emisión: 30 de junio de 2020.

Estimado(a) académico(a):

En el marco de la asesoría curricular para programas de postgrado y bajo los lineamientos establecidos por la Vicerrectoría Académica, se ha generado una pauta de cotejo para verificar el cumplimiento de criterios de calidad en las propuestas de los nuevos planes de estudio de magíster de la UTEM, junto a un conjunto de observaciones y sugerencias.

La consideración de estos criterios es valiosa y fundamental para el proceso de diseño e implementación de un currículo actualizado y pertinente, tanto en el contexto institucional como en el medio externo.

Agradecemos su tiempo y buena disposición.

## I. Identificación del programa

Grado otorgado por el programa:	Magíster en Biomatemática
Facultad:	Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente
Unidad Académica:	Escuela de Postgrado UTEM
Régimen:	Semestral
Jornada:	Diurna
Modalidad:	Presencial
Dedicación:	Parcial
Duración:	4 semestres
SCT- Chile totales:	60

## II. Pauta de cotejo

A continuación, encontrará una lista de criterios<sup>1</sup> respecto al plan de estudios y mecanismos de mejora continua, evaluados de acuerdo con las opciones "Sí o No". Además, en la columna de "Observaciones", se consignan los comentarios o sugerencias en relación con cada criterio u opción señalada.

---

<sup>1</sup> De acuerdo con documento "Criterios para la Acreditación de Programas de Postgrado" (Comisión Nacional de Acreditación, 2013) y el "Reglamento General de Postgrado" (resolución exenta N° 0750)" (UTEM, 2017).

Criterios	Sí	No	Observaciones
<u>Fundamentación del plan de estudios:</u>			
1. La fundamentación planteada da cuenta de un proceso de diagnóstico y evaluación previo del programa.	X		
2. La fundamentación considera las necesidades y demandas de formación según los requerimientos del ámbito social, disciplinar y profesional, que sustentan el plan de estudios.	X		
3. Presenta evidencias de respaldo como: lineamientos del Modelo Educativo UTEM, ventajas comparativas de la propuesta, consulta a expertos externos, informe de seguimiento a graduados (si aplica), estudio de mercado, informe de autoevaluación con fines de acreditación (si aplica), etc.	X		
<u>Carácter, objetivos y perfil de graduación:</u>			
4. El nombre propuesto es pertinente a los objetivos, perfil de graduación y líneas de investigación, innovación, desarrollo o creación.	X		Líneas de investigación
5. Define el carácter del programa (académico o profesional).	X		Magíster académico
6. Los objetivos planteados son coherentes con el carácter del programa, reflejando su enfoque, la finalidad del proceso formativo y los resultados esperados.	X		
7. El perfil de graduación es coherente con el carácter del programa y sus objetivos.	X		
8. Los objetivos y el perfil de graduación están alineados con la Misión Institucional y el Modelo Educativo.	X		
9. El perfil de graduación expresa los dominios, las competencias y los resultados de aprendizaje, que reflejan con suficiente especificidad	X		



los conocimientos, habilidades y actitudes que se espera lograr en las personas graduadas.			
10. El perfil de graduación ha sido validado interna y externamente.		X	El perfil de egreso no fue validado externamente.
11. Define claramente las líneas de investigación (mg. académico) o desarrollo (mg. profesional) del programa, acordes con los objetivos y perfil de graduación.	X		
<u>Estructura del programa y plan de estudios:</u>			
12. La estructura curricular es coherente con los objetivos y perfil de graduación.	X		.
13. La estructura curricular responde a los dominios de desempeño declarados.	X		
14. La estructura curricular responde a las líneas de investigación o desarrollo declaradas.	X		
15. La estructura curricular indica: periodo académico, horas académicas directas y de trabajo autónomo, total de horas académicas y cronológicas, SCT-Chile asignados para cada actividad o asignatura.	X		
16. El plan de estudios cuenta con actividades curriculares teóricas y prácticas, obligatorias y electivas.	X		
17. La metodología de enseñanza-aprendizaje declarada es pertinente para el logro del perfil de graduación.	X		La metodología está en los programas de asignatura.
18. El sistema de evaluación académica de los estudiantes permite dar cuenta del logro del perfil de graduación.	X		
19. Incorpora asignaturas metodológicas u otras actividades curriculares que tributan al desarrollo de la actividad de grado.	X		
20. La actividad de grado es coherente con el carácter del programa.	X		
21. La actividad de grado es adecuada para demostrar,	X		

individualmente, la efectividad del aprendizaje de acuerdo con los objetivos y perfil de graduación.			
22. Los mecanismos asociados a la actividad de grado son formalizados en reglamentaciones de la institución y del programa.	X		
23. La carga académica total asegura la permanencia mínima de 60 créditos en el programa, en 1 año en régimen de jornada completa o equivalente en jornada parcial.	X		
24. La carga académica total es de 1.620 horas cronológicas (equivalentes a 2.160 académicas), como mínimo, incluyendo las horas directas y de trabajo autónomo.	X		
<a href="#">Requisitos de admisión y proceso de selección:</a>			
25. Identifica los atributos relevantes para el perfil de ingreso, acordes al nivel de postgrado.		X	
26. Establece los requisitos de admisión del programa, acordes al nivel de postgrado.	X		
27. Establece el proceso de selección del programa con criterios pertinentes y explícitos.	X		
<a href="#">Requisitos de egreso y graduación:</a>			
28. Establece claramente los requisitos de egreso.			No aplica
29. Establece claramente los requisitos para obtener el grado académico.	X		
<a href="#">Seguimiento y evaluación:</a>			
30. Establece mecanismos formales y sistemáticos de revisión periódica, evaluación, actualización y validación interna y externa del perfil de graduación.		X	
31. Establece mecanismos que permiten evaluar periódicamente el plan de estudios.		X	
32. Establece mecanismos de seguimiento y apoyo académico de sus estudiantes durante el proceso formativo y graduación, para ser utilizados en la mejora continua.		X	

Cuerpo académico:			
33. El programa cuenta con el claustro o núcleo de académicos establecidos según criterios CNA.			No aplica a esta instancia de evaluación

### III. Observaciones y recomendaciones:

#### 1) Carácter, objetivos y perfil de graduación:

El Magíster en Biomatemática se orienta hacia el conocimiento avanzado en el área de Biomatemática, con un enfoque multidisciplinar y de especialización en modelamiento matemático vinculado a sistemas biológicos (vinculación entre los departamentos de Matemática y Biotecnología).

Los propósitos, objetivos y perfil de graduación dan cuenta del carácter académico del programa, cuyas competencias se orientan a investigación aplicada, con relevancia en el ámbito científico y/o sector productivo, las que se consolidan en la tesis como actividad de graduación.

Los objetivos del programa reflejan de manera clara el enfoque de formación adoptado, así como el impacto esperado en el medio. Son coherentes con el perfil de graduación, líneas de investigación y malla curricular. Se vinculan a la misión institucional a través de la formación de especialistas que puedan generar y transferir conocimiento para contribuir al desarrollo sustentable del país.

El perfil de graduación es coherente con el carácter del magíster, ya que expresa con suficiente claridad y especificidad el conocimiento avanzado en un área de estudio, así como las competencias en un nivel de complejidad y profundidad acorde a la disciplina y grado académico. Asimismo, declara las áreas de desempeño y las líneas de investigación.

Se sugiere realizar el proceso de validación externa del perfil y sus respectivas competencias durante la implementación del plan de estudios del magíster, ya que no se realizó en la etapa de diseño curricular.

Con respecto a la matriz de sistematización de competencias cabe señalar que tanto las disciplinares como las genéricas reflejan un nivel de dominio avanzado, con sus respectivos logros de aprendizaje. Las asignaturas presentan una coherencia con ellas, que se ve reflejada en los programas de cada una y la tributación correspondiente.

El programa declara tres líneas de investigación en el área de la Biomatemática: Ecología Matemática; Epidemiología Matemática; y Biotecnología Matemática. Éstas quedan explícitas en el perfil de graduación.

## 2) Estructura del programa y plan de estudios:

La malla curricular y el diseño del plan de estudios se estructura en los dominios de matemática aplicada y biomatemática, así como de acuerdo con la tributación a competencias y desarrollo de logros de aprendizaje. Es coherente con los objetivos del programa y el perfil de graduación.

El plan de estudios está constituido por asignaturas obligatorias, electivos, proyecto de tesis y tesis, que se imparten semestralmente (15 SCT- Chile por semestre). Se indica que son actividades teóricas (horas pedagógicas) y tienen un cálculo nominativo de los créditos. La carga académica total es de 60 SCT-Chile, situándolo en el rango de media jornada de dedicación en dos años. Proyecto de Tesis + Tesis suman los 15 créditos requeridos para la actividad de graduación.

Por otra parte, cabe señalar que el plan de estudios presenta varios prerrequisitos en el segundo año, lo cual es poco recomendable para un postgrado ya que da rigidez a la impartición, sobre todo ante una futura articulación con programa de doctorado. Por ejemplo, los electivos avanzados son requisito uno de otro, aun cuando ambos corresponden a especialización en temas de tesis y desarrollan los mismos logros de aprendizaje. Por lo tanto, se sugiere revisar esta condición durante la etapa de implementación del plan de estudios.

La actividad de graduación es una Tesis coherente con el carácter académico del magíster, la que se encuentra descrita en el reglamento del programa y se desarrolla en un tiempo adecuado.

## 3) Requisitos de admisión y proceso de selección:

Se establecen de manera clara los requisitos de admisión y las carreras o disciplinas de ingreso al programa. El proceso de selección está establecido y ponderado. Los criterios de selección consideran, principalmente, la actividad del postulante en su pregrado (notas y tipo de carrera de procedencia representan el 80%). La experiencia previa en investigación, tema de tesis de pregrado con alguna relación al programa, experiencia o inserción laboral-profesional anterior, etc., se considera solamente en criterio "otros antecedentes" con un 10%.

Se señala que "Los postulantes seleccionados, deberán declarar su nivel de conocimiento del idioma inglés y de estar en conocimiento que el programa requiere de la lectura de bibliografía en dicho idioma".

#### 4) Requisitos de egreso y graduación:

El reglamento del programa comprende las normas de graduación, que aseguran el cumplimiento de sus objetivos y perfil de graduación. La Tesis es la actividad final, que se desarrolla durante el último semestre (previa aprobación del proyecto de tesis en semestre anterior).

La obtención del grado académico está sujeto a la condición de realizar una presentación oral de los resultados de la tesis en un congreso especializado. Este requisito podrá ser reemplazado por el envío de un artículo científico con los resultados de la tesis, a una revista especializada.

Tanto la presentación como el envío del artículo deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académico del Programa. Por ello, se recomienda establecer mecanismos de difusión y monitoreo permanente de este requisito, de manera tal que el estudiante no se retrase y se mantenga una tasa de graduación oportuna.

#### 5) Seguimiento y evaluación:

Se señala que se contará con un sistema de aseguramiento de la calidad permanente. Los mecanismos de seguimiento a graduados contemplan: base de datos de graduado; encuentros periódicos de graduados; y encuestas de sondeos y opinión.

Se sugiere establecer, durante la implementación del magíster, un plan de autoevaluación que involucre las dimensiones a evaluar, las actividades específicas, los actores y tiempos asignados. Abordando al menos plan de estudios, perfil de graduación, programas de asignatura y cuerpo académico.

#### 6) Cuerpo académico:

Sin observaciones.

7) Otras observaciones:

La propuesta del programa de Magíster en Biomatemática, de carácter académico, mantiene una coherencia interna a nivel curricular y es pertinente a las necesidades detectadas en el medio, en relación con contar con investigadores en esta área disciplinar para la generación y transferencia de conocimiento. Además, está vinculada a la misión, visión y plan de desarrollo institucional.

Presenta una proyección hacia la continuidad de estudios de doctorado en Biomatemática.

La colaboración entre el departamento de Matemática y Biotecnología puede ser un espacio potente de multidisciplina dentro del programa, la cual queda plasmada en el plan de estudios de manera clara, y también debe serlo a través del claustro de académicos.

Finalmente, se sugiere potenciar la vinculación de la investigación con la transferencia al sector productivo y sociedad, especialmente, a través de las tesis de los y las profesionales estudiantes. Apoyar el que los grupos (comunidades / centros) de investigación en el área de la especialidad, ya creados y funcionando, integren a estudiantes del programa para el desarrollo de su trabajo de tesis.

**ANEXO**

**Ajustes Propuesta de Programa de Magíster en Biomatemática**

OBJETIVOS INICIALES	OBJETIVOS FINALES
<p><b>Objetivo General:</b> Formar un especialista con grado de magíster, con fuerte base interdisciplinaria, capaz de comprender, interpretar y desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos.</p> <p><b>Objetivos Específicos: Formar un especialista capaz de:</b></p> <p>Integrarse a equipos multidisciplinarios, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos.</p> <p>Modelar teórica y computacionalmente sistemas de interés biológicos.</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Formar especialistas en el área de la biomatemática, con grado de magíster, con fuerte base teórica y metodológica multidisciplinaria, capaces de comprender, interpretar y desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Fortalecer el trabajo en equipos multidisciplinarios, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas</p>

<p>Aportar en la generación de nuevo conocimiento en área de la biomatemática</p>	<p>biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.</p> <p>Aportar a la generación de conocimiento en alguna de las líneas de investigación sustentadas por el programa en el área de la Biomatemática, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico y/o sector productivo.</p>
<p><b>PERFIL DE EGRESO INICIAL</b></p>	<p><b>PERFIL DE EGRESO FINAL</b></p>
<p>El Programa de Magíster en Biomatemática, forma a un especialista con alta capacidad analítica que domina en un nivel avanzado la teoría y las técnicas de la matemática aplicada, siendo capaz de modelar matemáticamente sistemas biológicos complejos aportando, de esta forma, a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.</p> <p>Su formación lo capacita en la creación de programas de simulación computacional de modelos matemáticos con el fin de explorar, conjeturar y predecir comportamientos de sistemas biológicos. Su dominio en matemática y biológica, le permite integrar resultados teóricos-matemáticos con la categorías y fenómenos biológicos, interpretándolos e infiriendo conocimiento para dar respuesta en ese contexto.</p> <p>Su manejo conceptual y taxonómico especializado le permite interactuar con matemáticos y biólogos, facilitando su inserción y trabajo colaborativo en equipos multidisciplinarios, siendo capaz además de adecuar su lenguaje a distintos niveles de especialización, lo que le permite comunicar y transferir su conocimiento a un público amplio y diverso.</p> <p>El programa de Magíster en Biomatemática lo habilitará para insertarse en la docencia universitaria, equipos de investigación, labores de vinculación como divulgador científico y la continuidad de estudios a nivel doctoral en las especialidades de Matemática, Biología o Biomatemática.</p>	<p>La persona graduada del Magíster en Biomatemática de la Universidad Tecnológica Metropolitana es especialista con alta capacidad analítica que domina en un nivel avanzado la teoría y las técnicas de la matemática aplicada, siendo capaz de modelar matemáticamente sistemas biológicos, aportando con ello a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.</p> <p>Su formación disciplinar y metodológica la capacita en la creación de programas de simulación computacional de modelos matemáticos con el fin de explorar, conjeturar y predecir comportamientos de sistemas biológicos. Asimismo, el dominio en matemática y biología, le permite integrar resultados teóricos-matemáticos con las categorías y fenómenos biológicos, interpretándolos e infiriendo conocimiento para dar respuesta en ese contexto.</p> <p>Su manejo conceptual y taxonómico especializado le permite interactuar con matemáticos y biólogos, facilitando su inserción y trabajo colaborativo en equipos multidisciplinarios en el ámbito de investigación, desarrollo e innovación en Ecología Matemática, Epidemiología Matemática o Biotecnología Matemática.</p> <p>Además, se desempeña aplicando pensamiento analítico, razonamiento científico-matemático, y habilidades de comunicación para difundir y transferir el conocimiento a un público amplio y diverso.</p> <p>El o la especialista puede insertarse en equipos de investigación en la academia y sector productivo, en actividades de docencia universitaria, en labores de divulgación científica y la continuidad de estudios a nivel</p>

	doctoral en las disciplinas de Matemática, Biología o Biomatemática.
<b>COMPETENCIAS INICIALES</b>	<b>COMPETENCIAS FINALES</b>
<p><b>Dominio Matemática aplicada:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propone un Modelo matemático para un determinado sistema biológico, evaluando las hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes.</li> <li>• Analiza el buen planteamiento de modelos matemáticos para discriminar sobre su correcta utilización.</li> <li>• Resuelve interrogantes y conjeturas sobre sistemas biológicos, a través de determinar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de modelos matemáticos.</li> <li>• Conjetura el comportamiento de sistemas biológicos a través de la simulación computacional de modelos matemáticos.</li> </ul> <p><b>Dominio biomatemática:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propone mecanismos causales a fenomenologías biológicas que integran conocimiento matemático y biológico.</li> <li>• Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental.</li> </ul> <p><b>Competencias genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.</li> <li>• Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinares para el logro de los objetivos del proyecto.</li> </ul>	<p><b>Dominio Matemática aplicada:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propone un Modelo matemático para responder a un problema de un determinado sistema biológico, a partir de las hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes.</li> <li>• Analiza el buen planteamiento de modelos matemáticos para discriminar sobre su correcta utilización.</li> <li>• Resuelve interrogantes y conjeturas sobre sistemas biológicos, a través de determinar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de modelos matemáticos</li> <li>• Conjetura el comportamiento de sistemas biológicos a través de la simulación computacional de modelos matemáticos.</li> </ul> <p><b>Dominio biomatemática:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propone mecanismos causales a fenomenologías biológicas que integran conocimiento matemático y biológico.</li> <li>• Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental.</li> </ul> <p><b>Competencias genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.</li> <li>• Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinares para el logro de los objetivos del proyecto.</li> </ul>
<b>PERFIL DE INGRESO INICIAL</b>	<b>PERFIL DE INGRESO FINAL</b>
<p>Los requisitos de admisión están contemplados en la propuesta de Reglamento del Programa, el cual en sus artículos del 5 al 13 especifican:</p> <p>Para postular al Programa de Magíster en Biomatemática es necesario:</p>	<p>Los requisitos de admisión están contemplados en la propuesta de Reglamento del Programa, el cual en sus artículos del 5 al 13 especifican:</p> <p>Para postular al Programa de Magíster en Biomatemática es necesario:</p>

<p>a) Estar en posesión de grado de licenciatura o título profesional en el ámbito de la matemática, biología, biotecnología o alguna especialidad relacionada a estas, o estar en posesión del título profesional de ingeniero civil o equivalente.</p> <p>b) Contar con dos cartas de recomendación, en el formato oficial del Programa, de académicos que hayan sido parte de su formación o desempeño académico.</p> <p>c) Presentar copia de certificado de grado o título y concentración de notas.</p> <p>d) Presentar una carta que explique la motivación de postular al Programa.</p> <p>Concluido el período de postulación, el Comité Académico del Programa, en su próxima reunión ordinaria, revisará los antecedentes de los postulantes y realizará una clasificación de los postulantes en base a los siguientes criterios de asignación de puntajes y ponderaciones.</p> <p>a) Notas de asignaturas relevantes (60%):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Promedio entre 6,0 y 7,0 3 puntos.</li> <li>◦ Promedio entre 5,0 y 5,9 2 puntos.</li> <li>◦ Promedio entre 4,0 y 4,9 1 punto.</li> </ul> <p>b) Proveniencia (10%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ De carreras nacionales acreditadas 3 puntos.</li> <li>◦ De carreras nacionales no acreditadas 1 puntos.</li> <li>◦ De universidades extranjeras acreditadas 3 puntos.</li> <li>◦ De universidades extranjeras no acreditadas 1 punto.</li> </ul> <p>c) Tipo de carrera de procedencia (20%):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Licenciatura o Ingeniería Matemática 3 puntos.</li> <li>◦ Licenciatura en Biología</li> </ul>	<p>a) Estar en posesión de grado de licenciatura o título profesional en el ámbito de la matemática, biología, biotecnología o alguna especialidad relacionada a estas, o estar en posesión del título profesional de ingeniero civil o equivalente.</p> <p>b) Contar con dos cartas de recomendación, en el formato oficial del Programa, de académicos que hayan sido parte de su formación o desempeño académico.</p> <p>c) Presentar copia de certificado de grado o título y concentración de notas.</p> <p>d) Presentar una carta que explique la motivación de postular al Programa.</p> <p>Concluido el periodo de postulación, el Comité Académico del Programa, en su próxima reunión ordinaria, revisará los antecedentes de los postulantes y realizará una clasificación de los postulantes en base a los siguientes criterios de asignación de puntajes y ponderaciones:</p> <p>a) Notas de asignaturas relevantes (60%):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Promedio entre 6,0 y 7,0 3 puntos.</li> <li>◦ Promedio entre 5,0 y 5,9 2 puntos.</li> <li>◦ Promedio entre 4,0 y 4,9 1 punto.</li> </ul> <p>b) Tipo de carrera de procedencia (20%):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Licenciatura o Ingeniería Matemática 3 puntos.</li> <li>◦ Licenciatura en Biología 3 puntos.</li> <li>◦ Licenciatura o Ingeniería en Biotecnología 3 puntos.</li> <li>◦ Pedagogía en Matemática 2 puntos.</li> <li>◦ Pedagogía en Biología 2 puntos.</li> <li>◦ Otras Licenciaturas en Ciencias 1 punto.</li> <li>◦ Ingenierías civiles 1 puntos.</li> </ul> <p>c) Cartas de recomendación (10%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Excelente opinión 3 puntos.</li> <li>◦ Muy buena opinión 2 puntos.</li> <li>◦ Buena opinión 1 punto.</li> <li>◦ Regular o mala opinión 0 punto.</li> </ul> <p>d) Otros antecedentes (10%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Máximo 3 puntos.</li> </ul> <p>Los antecedentes serán analizados por el Comité Académico del programa.</p>
---	--

<p>3 puntos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Licenciatura o Ingeniería en Biotecnología 3 puntos.</li> <li>◦ Pedagogía en Matemática 2 puntos.</li> <li>◦ Pedagogía en Biología 2 puntos.</li> <li>◦ Otras Licenciaturas en Ciencias 1 punto.</li> <li>◦ Ingenierías civiles 1 punto.</li> </ul> <p>d) Cartas de Recomendación (10%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Excelentes opinión 3 puntos.</li> <li>◦ Muy buena opinión 2 puntos.</li> <li>◦ Buena opinión 1 punto.</li> <li>◦ Regular o mala opinión 0 punto.</li> </ul> <p>Se considerarán elegibles, aquellos postulantes que hayan obtenido un puntaje mayor o igual 1,5.</p> <p>El Comité Académico del Programa tiene la facultad, en base a los antecedentes académicos del postulante, decretar insuficiente su formación y por ende rechazar la postulación o aceptarla condicionada a cursar estudios complementarios.</p> <p>Serán seleccionados los postulantes elegibles que hayan obtenido los más altos puntajes, en número igual al cupo establecido por la resolución de dictación aprobada para dicha cohorte. En caso de que el número de postulantes elegibles sea menor a los cupos disponibles, la diferencia será considerada como cupos vacantes.</p>	<p>Se considerarán elegibles, aquellos postulantes que hayan obtenido un puntaje mayor o igual 1,5.</p> <p>El Comité Académico del Programa tiene la facultad, en base a los antecedentes académicos del postulante, de decretar insuficiente su formación y por ende rechazar la postulación o aceptarla condicionada a cursar estudios complementarios.</p> <p>Serán seleccionados los postulantes elegibles que hayan obtenido los más altos puntajes, en número igual al cupo establecido por la resolución de dictación aprobada para dicha cohorte. En caso de que el número de postulantes elegibles sea menor a los cupos disponibles, la diferencia será considerada como cupos vacantes.</p> <p>Los postulantes seleccionados, deberán declarar su nivel de conocimiento del idioma inglés y de estar en conocimiento que el programa requiere de la lectura de bibliografía en dicho idioma.</p>
--	---



MEMORÁNDUM N°093/2020

A: SRA. MARISOL DURÁN SANTIS  
VICERRECTORA ACADÉMICA

DE: SR. ROBERTO CONTRERAS MARÍN  
DIRECTOR DE POSTGRADO

REFERENCIA: ENVIO PROPUESTA DE PROGRAMA DE MAGÍSTER EN BIOMATEMÁTICA  
PARA SU PRESENTACIÓN EN CONSEJO ACADÉMICO Y SUPERIOR.

FECHA: SANTIAGO, 04 DE AGOSTO DE 2020

Estimada Vicerrectora:

En atención a lo estipulado en el Reglamento General de Postgrado aprobado por Resolución N° 750 Exenta de 23 de marzo de 2017, en el capítulo IV, sobre la creación de programas de postgrado, en su artículo 39 indica que: “Una vez completado el formato de presentación, con todos los antecedentes y anexos requeridos, el Proyecto deberá ser visado por el Consejo de Postgrado para ser remitido desde la Escuela de Postgrado a la Vicerrectoría Académica, a efectos de su posterior presentación ante el Consejo Académico y el Consejo Superior de la Universidad para su aprobación”.

Por lo anterior, me permito remitir a usted la Propuesta de Creación del Programa de Magíster en Biomatemática, con todos los antecedentes para ser presentada ante el Consejo Académico y el Consejo Superior de la Universidad.

Se adjunta la Propuesta de Creación del Programa, el Certificado del Consejo de Postgrado y la documentación que respalda la propuesta (total 9 archivos, incluido este memorándum).

Agradeciendo su atención, le saluda muy atentamente,

Dr. Roberto Contreras Marín  
Director de Postgrado  
Universidad Tecnológica Metropolitana

RCM/mjhp



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
METROPOLITANA  
*del Estado de Chile*

# Magíster en Biomatemática

## Presentación de Programas de Postgrado

---

Escuela de Postgrado - Vicerrectoría de Investigación y Postgrado

Contacto: [escuela.postgrado@utem.cl](mailto:escuela.postgrado@utem.cl) - [direccion.postgrado@utem.cl](mailto:direccion.postgrado@utem.cl)

Anexo: 7684

<b>Nombre del Programa</b>	MAGÍSTER EN BIOMATEMÁTICA				
<b>Responsable Proyecto</b>	RICARDO CASTRO SANTIS	<b>Código</b>	8207		
<b>Equipo que Desarrollo Propuesta</b>	GUSTAVO OSSANDÓN ARAYA CECILIA DONOSO CONCHA MIGUEL MONTENEGRO CONCHA DANIEL SEPÚLVEDA OEHNINGER				
<b>Facultad(es)</b>	FCNMMA	<b>Semestres Totales</b>	4	<b>SCT-Chile Totales</b>	60

<b>Instancia de Validación</b>	<b>V°B° Firma y Timbre</b>	<b>Fecha V°B°</b>
Unidad(es) involucrada(s) (Departamentos u otras)		
Consejo de Facultad		
Consejo de Postgrado		
Vicerrectoría Académica		
Consejo Académico		
Consejo Superior		



# ESTRUCTURA DE PRESENTACIÓN DE PROYECTOS POSTGRADO

**A: IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA**

---

**B: ANTECEDENTES DEL PROGRAMA**

---

**C: PROGRAMA DE ESTUDIO**

---

**D: PROGRAMAS DE ACTIVIDADES CURRICULARES**

---

**E: REGLAMENTO DEL PROGRAMA DE ESTUDIO**

---

**F: DETECCIÓN DE NECESIDADES DEL MEDIO**

---

**G: PRESUPUESTO PROGRAMA DE POSTGRADO**

---

**H: ORIENTACIONES SOBRE PRODUCTIVIDAD POR COMITÉS DE  
ÁREA**

---

**I: FORMATO PROGRAMA DE ASIGNATURA**

---

## ÍNDICE

Ficha de Seguimiento del Proceso: .....	1
A: IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA .....	6
B: ANTECEDENTES DEL PROGRAMA .....	8
B.1 PROPÓSITO DEL PROGRAMA .....	8
B.2 CARÁCTER DEL PROGRAMA.....	9
B.3 OBJETIVOS DEL PROGRAMA .....	9
B.4 PERFIL DE EGRESO .....	9
B.5 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA.....	10
B.6 REQUISITOS DE ADMISIÓN Y SELECCIÓN (PERFIL DE INGRESO).....	10
B.7 POLÍTICA DE VINCULACIÓN CON EL MEDIO .....	12
B.8 ESTRATEGIAS DE AUTOEVALUACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PROGRAMA .....	12
B.9 MECANISMO DE SEGUIMIENTO A GRADUADOS.....	13
B.10 BECAS Y AYUDAS DE FINANCIAMIENTO PARA LOS ESTUDIANTES ...	13
B.11 REQUISITOS DE OBTENCIÓN DEL GRADO.....	13
C: PROGRAMA DE ESTUDIO .....	14
C.1 PROGRAMAS DE FORMACIÓN .....	14
C.2 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA.....	14
C.3 MALLA CURRICULAR.....	15
C.3.1 DISEÑO PROGRAMA DE ESTUDIO .....	15
C.3.2 SISTEMATIZACIÓN DE COMPETENCIAS.....	16
C.4 CUERPO ACADÉMICO DEL PROGRAMA .....	18
C.4.1 FUNCIONAMIENTO DEL COMITÉ DE ACADÉMICO RESPONSABLE DE LA GESTIÓN DEL PROGRAMA .....	18
C.4.2 RESUMEN DE CLAUSTRO ACADÉMICO DEL PROGRAMA (último 5 años).....	18
C.5 APOYOS INSTITUCIONALES E INFRAESTRUCTURA .....	20
D: PROGRAMAS DE ACTIVIDADES CURRICULARES .....	21
D.1 PROGRAMAS DE ACTIVIDADES CURRICULARES NIVEL I .....	21
D.2 PROGRAMAS DE ACTIVIDADES CURRICULARES NIVEL II .....	21
D.3 PROGRAMAS DE ACTIVIDADES CURRICULARES NIVEL III .....	21
E: REGLAMENTO DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS.....	22
F: DETECCIÓN DE NECESIDADES DEL MEDIO .....	23
F.1 PROSPECCIÓN DEL MEDIO .....	23
F.2 COMPETITIVIDAD DEL PROGRAMA PRESENTADO .....	29
G: PRESUPUESTO PROGRAMA DE POSTGRADO.....	33
G.1 GASTOS EN HONORARIOS PERSONAL DOCENTE .....	36
H: ORIENTACIONES SOBRE PRODUCTIVIDAD POR COMITÉS DE ÁREA .....	37
I: FORMATO PROGRAMA DE ASIGNATURA .....	38
Anexo E.1: REGLAMENTO DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS.....	39
Anexo H.1: FORMATO DE CURRÍCULO SIMPLIFICADO CLAUSTRO.....	52
Anexo I.1: FORMATO PROGRAMA DE ASIGNATURA.....	60

## A: IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

NOMBRE DEL PROGRAMA

MAGÍSTER EN BIOMATEMÁTICA

UNIDAD RESPONSABLE

ESCUELA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA

RÉGIMEN	JORNADA	MODALIDAD	DEDICACIÓN	DURACIÓN	HORARIO REFERENCIAL
<i>SEMESTRAL</i>	<i>Diurna</i>	<i>PRESENCIAL</i>	<i>PARCIAL</i>	<i>2</i>	<i>lunes a viernes 17:30 horas 20.30 horas</i>

TOTAL ASIGNATURAS

11

TOTAL HORAS  
PEDAGÓGICAS

2160

TOTAL SCT-Chile<sup>1</sup>

60

GRADO(S) OTORGADO(S) POR EL PROGRAMA

MAGÍSTER EN BIOMATEMÁTICA

MENCIÓN O ESPECIALIZACIÓN

NO CONTEMPLA

DIPLOMAS INTERMEDIOS

**1 Para programas de Magíster:** El mínimo institucional en créditos SCT será una carga equivalente a 60 créditos (1.620 horas cronológicas totales), en consistencia con los lineamientos entregados por la Comisión Nacional de Acreditación, según Resolución Exenta N°006-4 del año 2013.

**Para programas de Doctorado:** El mínimo Institucional en créditos SCT será una carga equivalente de 150 créditos (4.050 horas cronológicas totales), en consistencia con los lineamientos planteados por la Comisión Nacional de Acreditación, según Resolución Exenta N°006-4 del año 2013.



NO CONTEMPLA

ARTICULACIÓN PREGRADO- POSTGRADO Y MAGÍSTER- DOCTORADO

[Empty box for articulation details]

<b>FIRMA ACADÉMICO RESPONSABLE DEL PROYECTO</b>	<b>FIRMA/TIMBRE DIRECTOR ESCUELA DE POSTGRADO</b>
<hr/>	
<hr/>	

FECHA EMISIÓN: 30 de junio de 2020	FECHA DOCUMENTO: 30 de junio de 2020
------------------------------------	--------------------------------------

## B: ANTECEDENTES DEL PROGRAMA

### B.1 PROPÓSITO DEL PROGRAMA

#### **a) Coherencia de la oferta con la misión y visión UTEM:**

La Universidad Tecnológica Metropolitana ha declarado dentro de su misión, visión y objetivos institucionales el desarrollo de la multidisciplinaria y su compromiso con el medio ambiente y el desarrollo sustentable. En Plan de Desarrollo Estratégico Institucional para el cuatrienio 2016 – 2020, la Universidad se ha planeado el objetivo de incrementar y diversificar su oferta de postgrado vinculada estrechamente al desarrollo del I+D+i. En tal sentido, la presente propuesta refuerza el propósito institucional de complejizar su quehacer precisamente en las áreas que constituyen su sello institucional.

#### **b) Articulación de la oferta con el modelo educativo:**

La presente propuesta, tiene como elementos distintivos el desarrollo multidisciplinar, creando un espacio colaborativo entre los departamentos de Matemática y Biotecnología que le permitirá ofrecer una alternativa de continuidad formativa a nivel de postgrado a los estudiantes egresados de las carreras de Ingeniería en general y los de Biotecnología en particular.

El presente proyecto de Programa de Magíster se considera una etapa intermedia, en el objetivo final de contar con un Programa Doctoral en Biomatemática, el cual debiera ser factible de alcanzar en el mediano plazo.

#### **c) Articulación del programa con el Plan de Desarrollo Institucional (a nivel institucional, de facultad y/o departamento).**

El Departamento de Matemática determinó el año 2016, en Consejo de Departamento que concentraría sus esfuerzos de investigación en el área de la Biomatemática. Concordante con estas definiciones, el Departamento de Matemática, desde inicio del año 2017 ha decidido generar un polo de desarrollo en el área de la Biomatemática, realizando diversas actividades en función de este objetivo. En enero 2017, se realizó el Primer Workshop de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos con la participación de más de 50 investigadores nacionales y extranjeros. Este hito marcó el inicio de las actividades del Grupo MatBio-UTEM, conformados por cinco doctores, todos académicos del Departamento de Matemática. El grupo tiene en desarrollo tres proyectos de investigación en biomatemática. Estos proyectos han contado con el financiamiento de la DIDA a través de un proyecto L1 y de un Acuerdo Académico con la Vicerrectoría Académica.

#### **d) Breve descripción de la consistencia de la oferta con las necesidades detectadas en el medio (resumen del anexo F).**

Un hecho relevante de destacar es que la biomatemática ha tenido un fuerte desarrollo en las últimas décadas tanto a nivel nacional e internacional, habiendo un número creciente de investigadores dedicados a esta área del conocimiento. Sin embargo, a nivel nacional, no existe aún ninguna alternativa de postgrado, lo que le permitiría a la UTEM ser la primera institución en ofrecerlo, creando de esta forma un sello que la distinga dentro de la oferta nacional total de postgrado.

## B.2 CARÁCTER DEL PROGRAMA

El Programa es de carácter académico. Pues sus propósitos, objetivos y perfil de graduación se enmarcan en la academia, en cuanto al conocimiento especializado en el área de la Biomatemática, para la aplicación de competencias en investigación aplicada, las que se consolidan en la actividad de graduación. No obstante, el programa no descarta eventuales desarrollos en el ámbito profesional de las personas graduadas, vinculando el conocimiento generado con la transferencia al sector productivo del país.

## B.3 OBJETIVOS DEL PROGRAMA

### **Objetivo General:**

Formar especialistas en el área de la biomatemática, con grado de magíster, con fuerte base teórica y metodológica multidisciplinaria, capaces de comprender, interpretar y desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

### **Objetivos Específicos:**

Fortalecer el trabajo en equipos multidisciplinarios, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.

Aportar a la generación de conocimiento en alguna de las líneas de investigación sustentadas por el programa en el área de la Biomatemática, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico y/o sector productivo.

## B.4 PERFIL DE EGRESO

La persona graduada del Magíster en Biomatemática de la Universidad Tecnológica Metropolitana es especialista con alta capacidad analítica que domina en un nivel avanzado la teoría y las técnicas de la matemática aplicada, siendo capaz de modelar matemáticamente sistemas biológicos, aportando con ello a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

Su formación disciplinar y metodológica la capacita en la creación de programas de simulación computacional de modelos matemáticos con el fin de explorar, conjeturar y predecir comportamientos de sistemas biológicos. Asimismo, el dominio en matemática y biología, le permite integrar resultados teóricos-matemáticos con la categorías y fenómenos biológicos, interpretándolos e infiriendo conocimiento para dar respuesta en ese contexto.

Su manejo conceptual y taxonómico especializado le permite interactuar con matemáticos y biólogos, facilitando su inserción y trabajo colaborativo en equipos multidisciplinarios en el ámbito de investigación, desarrollo e innovación en Ecología Matemática, Epidemiología Matemática o Biotecnología Matemática.

Además, se desempeña aplicando pensamiento analítico, razonamiento científico-matemático, y habilidades de comunicación para difundir y transferir el conocimiento a un público amplio y diverso.

El o la especialista puede insertarse en equipos de investigación en la academia y sector productivo, en actividades de docencia universitaria, en labores de divulgación científica y la continuidad de estudios a nivel doctoral en las disciplinas de Matemática, Biología o Biomatemática.

## B.5 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA

El Programa declara tres líneas de investigación en el marco de la biomatemática:

- Ecología Matemática.
- Epidemiología Matemática.
- Biotecnología Matemática.

Estas líneas corresponden a las tres líneas de intereses principal de los miembros del equipo MatBio-UTEM. En la actualidad se encuentran en desarrollo los siguientes proyectos de investigación asociados a estas líneas:

- Modelos migratorio denso dependiente con efecto Allee.
- Estimación de parámetros en sistemas biológicos.
- Modelación estocástica en dinámica de poblaciones.

El grupo MatBio-UTEM está conformado por 9 académicos jornada completa del Departamento de Matemática y con grado de doctor que conforman la base para la científica de esta propuesta.

## B.6 REQUISITOS DE ADMISIÓN Y SELECCIÓN (PERFIL DE INGRESO)

Los requisitos de admisión están contemplados en la propuesta de Reglamento del Programa, el cual en sus artículos del 5 al 13 especifican:

Para postular al Programa de Magíster en Biomatemática es necesario:

- a) Estar en posesión de grado de licenciatura o título profesional en el ámbito de la matemática, biología, biotecnología o alguna especialidad relacionada a estas, o estar en posesión del título profesional de ingeniero civil o equivalente.
- b) Contar con dos cartas de recomendación, en el formato oficial del Programa, de académicos que hayan sido parte de su formación o desempeño académico.
- c) Presentar copia de certificado de grado o título y concentración de notas.
- d) Presentar una carta que explique la motivación de postular al Programa.

Concluido el período de postulación, el Comité Académico del Programa, en su próxima reunión ordinaria, revisará los antecedentes de los postulantes y realizará una clasificación

de los postulantes en base a los siguientes criterios de asignación de puntajes y ponderaciones

a) Notas de asignaturas relevantes (60%):

- Promedio entre 6,0 y 7,0 3 puntos.
- Promedio entre 5,0 y 5,9 2 puntos.
- Promedio entre 4,0 y 4,9 1 punto.

b) Tipo de carrera de procedencia (20%):

- Licenciatura o Ingeniería Matemática 3 puntos.
- Licenciatura en Biología 3 puntos.
- Licenciatura o Ingeniería en Biotecnología 3 puntos.
- Pedagogía en Matemática 2 puntos.
- Pedagogía en Biología 2 puntos.
- Otras Licenciaturas en Ciencias 1 puntos.
- Ingenierías civiles 1 puntos.

c) Cartas de Recomendación (10%)

- Excelentes opinión 3 puntos.
- Muy buena opinión 2 puntos.
- Buena opinión 1 puntos.
- Regular o mala opinión 0 puntos.

d) Otros antecedentes (10%)

- Máximo 3 puntos.

Los antecedentes serán analizados por el Comité Académico del programa.

Se considerarán elegibles, aquellos postulantes que hayan obtenido un puntaje mayor o igual 1,5.

El Comité Académico del Programa tiene la facultad, en base a los antecedentes académicos del postulante, de decretar insuficiente su formación y por ende rechazar la postulación o aceptarla condicionada a cursar estudios complementarios.

Serán seleccionados los postulantes elegibles que hayan obtenido los más altos puntajes, en número igual al cupo establecido por la resolución de dictación aprobada para dicha cohorte. En caso que el número de postulantes elegibles sea menor a los cupos disponibles, la diferencia será considerada como cupos vacantes.

Los postulantes seleccionados, deberán declarar su nivel de conocimiento del idioma inglés y de estar en conocimiento que el programa requiere de la lectura de bibliografía en dicho idioma.

## B.7 POLÍTICA DE VINCULACIÓN CON EL MEDIO<sup>2</sup>

Una de las primeras tareas que emprendió el grupo MatBio-UTEM, fue el establecimiento de redes de colaboración a nivel nacional y latinoamericano.

- Actualmente existen relaciones informales de colaboración con la Universidad Católica del Maule, a través del Programa de Doctorado en Modelamiento Matemático Aplicado, del cual un miembro del grupo es parte del cuerpo de profesores. Con la UCM se ha organizado en conjunto los Workshop de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos y se está en colaboración en la organización del Congreso Latinoamericano de Biomatemática SOLABIMA.
- Actualmente se encuentra en proceso de elaboración un convenio de colaboración formal con el Departamento de Ciencias Ecológicas de la Universidad de Chile. Cuyo director es parte de los profesores externos del programa.
- Con la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (principal institución de educación superior del Perú). También existen vínculos de colaboración que ha permitido la participación mutua en eventos científicos.
- Con la Universidad de Sucre. Se encuentra en curso un proyecto de investigación en estimación de biomasa bovina, trabajo que está en etapa de redacción.
- Los Seminarios MatBio-UTEM han permitido contar con un flujo permanente (durante todo el año académico) de investigadores que visitan el Departamento de Matemática. El espacio paulatinamente se ha transformando en una referencia entre las/los especialistas en Biomatemática del país.
- Los Workshop de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos. Desde el año 2017 ha sido un punto de encuentro de la comunidad biomatemática del país.

Los hitos enumerados anteriormente están en proceso de desarrollo y serán debidamente formalizados cuando exista el programa.

## B.8 ESTRATEGIAS DE AUTOEVALUACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PROGRAMA

La presente propuesta considera el aseguramiento de la calidad como parte integrante del quehacer cotidiano del programa. Por lo que el proyecto estipula en su reglamento de funcionamiento interno (Artículo 58) que el programa contará con un sistema de aseguramiento de la calidad de carácter permanente el cuyo funcionamiento será responsabilidad del Director del Programa. Este sistema deberá ser formalizado como un instructivo complementario al reglamento interno.

El Reglamento, también estipula en su Artículo 3 Transitorio que el instructivo de aseguramiento de la calidad será diseñado durante el primer semestre de funcionamiento

---

<sup>2</sup> La política de vinculación con el medio propuesta por el programa, es un complemento a la política de vinculación con el medio institucional.

del programa y que este se declarará en estado de auto-evaluación y en proceso de acreditación inmediatamente establecido su primer Comité Académico (Artículo 4 Transitorio).

La base de registro de información y seguimiento de los ítems más relevantes del programa está contenida en el informe anual (Artículo 53 del reglamento interno).

#### B.9 MECANISMO DE SEGUIMIENTO A GRADUADOS

El seguimiento de los graduados deberá ser parte del sistema aseguramiento de la calidad, el cual deberá incluir al menos;

- Base de datos de graduados.
- Encuentros periódicos de graduados.
- Encuestas y sondeos de opinión.

#### B.10 BECAS Y AYUDAS DE FINANCIAMIENTO PARA LOS ESTUDIANTES

Los beneficios arancelarios y becas del programa están supeditados a la disponibilidad financiera del programa y a las normas generales de la universidad. El artículo 57 de la propuesta de Reglamento Interno del Programa especifica que cada año, previo a la solicitud de nueva versión del programa, se propondrá los nuevos aranceles y beneficios.

No obstante, este criterio general se propone que para la primera cohorte se apliquen los descuentos estándares del sistema nacional estatal, es decir:

- Docente UTEM : 50%
- Titulado, Egresado Graduado UTEM : 50%
- Egresados CUECH : 25%

Complementario al anterior beneficio, se propone contar con un sistema de beneficios docentes que permita a los estudiantes del programa, especialmente extranjeros, poder solventar los gastos de estudio y manutención.

#### B.11 REQUISITOS DE OBTENCIÓN DEL GRADO

Los requisitos de graduación están contemplados en el Título IV de la propuesta de Reglamento Interno del Programa (artículos 25 al 34) en concordancia con Reglamento General de Postgrado de la Universidad. En particular el artículo 25 especifica lo siguiente:

Los estudiantes del Programa, deberán desarrollar una Tesis de Graduación durante su último semestre. Según lo establecido en el Artículo 30 del Reglamento General de Postgrado. La tesis es una actividad de carácter individual, en donde el estudiante deberá demostrar que ha adquirido el conocimiento y las competencias establecidas en el Artículo

4 de este reglamento y será sometida a evaluación según lo estipulado en el Artículo 30 del presente reglamento.

Para obtener el grado de Magíster en Biomatemática, el estudiante deberá realizar una presentación oral de los resultados de sus tesis en un congreso especializado. Dicha presentación deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académico del Programa, tal como lo estipula el Artículo 34 del presente reglamento.

El requisito descrito en el párrafo anterior, podrá ser reemplazado por el envío de un artículo científico con los resultados de la tesis, a una revista especializada. El envío del artículo deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académica del Programa tal como lo estipula el Artículo 30 del presente reglamento.

Será responsabilidad del Comité Académico del Programa evaluar la pertinencia del congreso o de la revista que hace alusión los párrafos anteriores.

## C: PROGRAMA DE ESTUDIO

### C.1 PROGRAMAS DE FORMACIÓN

Programas de formación I (POSTGRADO)			
Magíster en Biomatemática			
CICLO DE FORMACIÓN	CANTIDAD DE ACTIVIDADES CURRICULARES	SCT-Chile	PORCENTAJE
CICLO DE ESPECIALIZACIÓN	7	35	58%
CICLO DE GRADUACIÓN	4	25	42%
	<b>TOTAL 11</b>	60	100%

### C.2 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

C.2.1 RESUMEN DEL PROGRAMA DE ESTUDIO			
Magíster en Biomatemática		Código interno	
Grado que otorga	<b>Magíster</b>	Duración	
		Horas Pedagógicas Totales	<b>2160</b>
		Horas Cronológicas Totales	<b>1620</b>
		SCT-Chile	<b>60</b>

### C.3 MALLA CURRICULAR

NOMBRE DEL PROGRAMA DE ESTUDIO: Magíster en Biomatemática

CICLOS	AÑO 1				AÑO 2			
	Semestre 1		Semestre 2		Semestre 3		Semestre 4	
CE	Ecología Matemática	5 SCT	Epidemiología Matemática	5 SCT	Biotecnología Matemática	5 SCT	Electivo Avanzado II	5 SCT
		POSB8010		POSB8020		POSB8030		POSB8040
CG	Modelamiento Diferencial	5 SCT	Modelamiento Matricial	5 SCT	Electivo Avanzado I	5 SCT	TESIS	10 SCT
		POSB8011		POSB8021		POSB8031		
CG	Modelamiento Estocástico	5 SCT	Modelamiento Numérico	5 SCT	Proyecto Tesis	5 SCT		POST8041
		POSB8012		POSB8022		POSB8032		

#### C.3.1 DISEÑO PROGRAMA DE ESTUDIO

Ciclos o Programas	Nivel	Código	Asignatura	Duración en semanas	Horas Semanales							SCT-Chile	Requisitos
					Horas Pedagógicas					Total Horas Cronológicas			
					Teoría	Laboratorio	Taller	Total Aula	Total Extra Aula		Total Horas		
CE	11	POSB8010	Ecología Matemática	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	12	POSB8011	Modelamiento Diferencial	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	13	POSB8012	Modelamiento Estocástico	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	21	POSB8020	Epidemiología Matemática	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	22	POSB8021	Modelamiento Matricial	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CE	23	POSB8022	Modelamiento Numérico	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8011 POSB8012
CE	31	POSB8030	Biotecnología Matemática	18	4			4	6	10	7,5	5	Ingreso
CG	32	POSB8031	Electivo Avanzado I	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8021 POSB8022
CG	33	POSB8032	Proyecto de Tesis	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8010 POSB8020 POSB8021 POSB8022
CG	41	POSB8040	Electivo Avanzado II	18	4			4	6	10	7,5	5	POSB8031
CG	42	POST8041	TESIS	18					20	20	15	10	POSB8032 POSB8040

**GRADO DE MAGÍSTER**

### C.3.2 SISTEMATIZACIÓN DE COMPETENCIAS

Dominios	Competencias	Logros de Aprendizaje	Asignaturas
Matemática Aplicada	Propone un Modelo matemático para responder a un problema de un determinado sistema biológico, a partir de las hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes..	Propone las hipótesis que son susceptibles de modelar matemáticamente que responden a problemas biológicos.	Ecología Matemática Epidemiología Matemática Biotecnología Matemática
		Decide las herramientas matemáticas más adecuadas para abordar el problema en base a las hipótesis biológicas planteadas.	
		Construye un modelo matemático en base a las hipótesis y las herramientas adecuadas para abordar el problema biológico planteado.	
	Analiza el buen planteamiento de modelos matemáticos para discriminar sobre su correcta utilización.	Demuestra existencia y unicidad de un modelo matemático planteado.	Modelamiento Diferencial Modelamiento Estocástico Modelamiento Matriciales
		Analiza estabilidad de las soluciones de un modelo matemático.	
	Resuelve interrogantes y conjeturas sobre sistemas biológicos, a través de determinar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de modelos matemáticos.	Determina el análisis asintótico de soluciones de un modelo matemático.	Modelamiento Diferencia Modelamiento Estocástico Modelamiento Matricial
		Clasifica estados de equilibrio de un sistema biológico en estudio.	
		Resuelve valores del sistema biológico a partir de las variables explicativas.	
	Conjetura el comportamiento de sistemas biológicos a través de la simulación computacional de modelos matemáticos.	Programa computacionalmente modelos matemáticos, aplicado en el campo de la biología.	Modelamiento Numérico
		Infiere valores de un sistema biológico a partir de un determinado conjunto de parámetros.	
Conjetura propiedades que le permiten inferir comportamiento de sistemas biológicos .			
Biomatemática	Propone mecanismos causales a fenomenologías biológicas que integran conocimiento matemático y biológico.	Interpreta resultados matemáticos abstractos en una situación biológica concreta.	Ecología Matemática Epidemiología Matemática Biotecnología Matemática
		Reconoce causalidades de fenomenologías biológicas.	
		Infiere nuevas fenomenologías biológicas a partir de determinados modelos matemáticos.	
	Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental.	Diseña metodologías para enfrentar problemas biológicos a través de la utilización de heurísticas.	Electivo Avanzado I Electivo Avanzado II Proyecto de Tesis Tesis
Propone procedimientos factibles de ser aplicados experimentalmente en problemas biológicos.			
Competencias Genéricas	Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.	Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.	Proyecto de Tesis Tesis
		Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación	

		<i>efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.</i>	
	<i>Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinares para el logro de los objetivos del proyecto.</i>	<i>Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.</i>	Proyecto de Tesis Tesis

## C.4 CUERPO ACADÉMICO DEL PROGRAMA

### C.4.1 FUNCIONAMIENTO DEL COMITÉ DE ACADÉMICO RESPONSABLE DE LA GESTIÓN DEL PROGRAMA

El funcionamiento del Claustro y Comité Académico se encuentra normado en el Título VI del Reglamento del Programa, artículos 39 al 59.

### C.4.2 RESUMEN DE CLAUSTRO ACADÉMICO DEL PROGRAMA<sup>3</sup> (último 5 años)

Nombre	Título profesional	Grado académico más alto	N° publicaciones asociadas a las líneas de investigación del programa			Años de experiencia docente en postgrado	Número de proyectos de investigación en el área			Horas totales dedicadas al programa
			WoS	Scielo	Otras		FONDECYT	FONDEF	Otros	
Ricardo Castro	Licenciando en Matemática	Doctor en Matemática	3		2 scopus	8	1		4	
Daniel Sepúlveda	Profesor de Matemática	Doctor en Matemática	4						1	
Mauricio Tejo	Ingeniero Estadístico	Doctor en Estadística	7		3	2	2			
Flabio Lima	Economía	Doctor en Matemática Estadística	4			2	1			
Humberto Brito	Licenciando en Matemática	Doctor en Matemática	9		1				3	
Manuel Arenas	Licenciando en Matemática	Doctor en Matemática	7		1	12	3		1	

<sup>3</sup> La constitución del claustro académico se registrará por el Anexo H: orientaciones sobre productividad por comité de área. Y deberá incorporar sus currículos de acuerdo al formato Anexo H.1

## C.4.3 ACADÉMICOS COLABORADORES AL PROGRAMA

Nombre	Título profesional	Grado académico más alto	N° publicaciones asociadas a las líneas de investigación del programa			Años de experiencia docente	Número de proyectos de investigación en el área			Horas totales dedicadas al programa
			WoS (exISI)	Scielo	Otras		FONDECYT	FONDEF	Otros	
Gustavo Ossandón		Doctor	4		1 scopus					
Miguel Montenegro		Doctor	-	-	-	-	-	-	-	
Cecilia Donoso		Doctor	-	-	-	-	-	-	-	

## C.4.4 ACADÉMICOS VISITANTES AL PROGRAMA

Nombre	Título profesional	Grado académico más alto	N° publicaciones asociadas a las líneas de investigación del programa			Años de experiencia docente	Número de proyectos de investigación en el área			Horas totales dedicadas al programa
			WoS (exISI)	Scielo	Otras		FONDECYT	FONDEF	Otros	
Fernando Córdova		Doctor								
Pablo Aguirre		Doctor								
Fernando Momo		Doctor								
Roxana López		Doctor								

## C.5 APOYOS INSTITUCIONALES E INFRAESTRUCTURA

C.5.1 Describir espacios físicos exclusivos y compartidos de que disponen los profesores y estudiantes para las actividades del programa

Exclusivos: Sala para estudiantes de postgrado. Oficina de profesores

Compartidos:

C.5.2 Describir laboratorios, bibliotecas y otras instalaciones que utilizan los profesores y estudiantes del programa, con su respectivo equipamiento (señalar metros cuadrados)

Laboratorio de computación con software especializados.  
Biblioteca Campus Macul

C.5.3 Centro de documentación del programa

C.5.3.1 Suscripciones vigentes a revistas especializadas y/o acceso virtual a publicaciones en el área del programa

Se cuentan con los accesos a las Bases de Datos provista por la Universidad: Web of Science, Scopus, Springer, Oxford Academic, Nature, entre otras.

C.5.3.2 Libros (títulos)

No existen, actualmente, libros especializados en el área.

C.5.3.3 Indicar las licencias de software para la especialidad del programa (si es pertinente)

El programa usará, principalmente, software de tipo open source.

C.5.3.4 Indicar presupuesto anual para la actualización y/o adquisición de recursos bibliográficos y equipamiento.

No corresponde a la fase de proyecto

## D: PROGRAMAS DE ACTIVIDADES CURRICULARES<sup>4</sup>

### D.1 PROGRAMAS DE ACTIVIDADES CURRICULARES NIVEL I

#### **Asignaturas de Contexto Biológico:**

POSB8010 Ecología Matemática  
POSB8020 Epidemiología Matemática  
POSB8030 Biotecnología Matemática

### D.2 PROGRAMAS DE ACTIVIDADES CURRICULARES NIVEL II

#### **Asignaturas de Modelamiento Matemático:**

POSB8011 Modelamiento Diferencial  
POSB8012 Modelamiento Estocástico  
POSB8021 Modelamiento Matricial  
POSB8022 Modelamiento Numérico

### D.3 PROGRAMAS DE ACTIVIDADES CURRICULARES NIVEL III

#### **Asignaturas de Graduación:**

POSB8031 Electivo Avanzado I  
POSB8032 Proyecto de Tesis  
POSB8040 Electivo Avanzado II  
POST8041 Tesis

---

4 Para ver formato de programa de asignatura, consultar Anexo I.



## **E: REGLAMENTO DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS**

Véase Anexo E1.

## F: DETECCIÓN DE NECESIDADES DEL MEDIO

### F.1 PROSPECCIÓN DEL MEDIO

#### a) Análisis del medio social:

- **Identificación de áreas prioritarias y definiciones estratégicas de CONICYT.**

CONICYT para el año 2018, definió tres áreas prioritarias para el financiamiento de becas de magíster. a) Recursos hídricos en Chile, b) Resiliencia ante desastres de origen natural y c) Transformación digital. El Programa de Magíster en Biomatemática, puede aportar en dos de los ámbitos mencionados en los subtemas de:

Comprensión de los procesos hidrológicos y la relación agua-ecosistema. La adecuada comprensión de estos procesos requiere modelamiento que permita analizar escenarios posibles, anticipar situaciones y ver su relación con el medio ambiente, la salud pública y el desarrollo tecnológico para su manejo. Estas problemáticas están incluidas dentro las líneas de desarrollo del programa desde el punto de vista del modelamiento matemático.

Resiliencia de las comunidades y líneas vitales. La dinámica de poblaciones, humanas, animales o vegetales, que han sido afectada por un desastre natural son parte de los temas de interés del Programa, al igual que lo referido a la propagación de enfermedades frente a situaciones catastróficas.

- **Análisis de la relación del programa con las demandas y procesos sociales, culturales, educacionales y productivos del país.**

Ecología, biodiversidad y sustentabilidad. En los últimos años, el país ha sido testigo de la creciente preocupación por el medio ambiente, preocupación que ha trascendido de los círculos meramente académicos involucrando a un gran número de organizaciones sociales y a la población en general. Aún se encuentra en la memoria las grandes movilizaciones contra el Proyecto Hidroaysen que concluyeron con la paralización de su ejecución. De igual forma otros conflictos ambientales ha sido tema central de la preocupación nacional, como el proyecto minero Pascua Lama, y el proyecto eléctrico Alto Maipo. Los conceptos de desarrollo, sustentabilidad, impacto ambiental han comenzado a ser términos de dominio e interés común. El concepto de fondo que atraviesa a los conflictos mencionados, y a otros similares es la Biodiversidad. De acuerdo con el Convenio de Diversidad Biológica, del cual Chile es miembro 1, diversidad biológica (o biodiversidad) se define como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”. Esta misma definición es utilizada por la ley chilena. La diversidad biológica se caracteriza por tres atributos: función, estructura y composición.

Son bien conocidos, debido a los documentales televisivos, el trabajo en terreno de los ecólogos. La imagen del científico tomando datos en ambientes selváticos, desérticos o submarinos están presente en el imaginario social. Menos conocido, pero no por eso menos importante, es el trabajo de la modelación. Esta busca recrear el comportamiento de sistemas ecológicos reales a través de herramientas matemáticas y computacionales con el objetivo de prever comportamientos futuros y estudiar el impacto sobre los ecosistemas de determinadas intervenciones. Una de las líneas de desarrollo definida en el Programa de Magíster en Biomatemática es la ecología-matemática y actualmente se encuentran en curso dos proyectos referido a esta temática.

Epidemiología y salud pública: La trasmisión de enfermedades, se está en animales, plantas o en el propio ser humano es tema de constante preocupación por sus implicancias en el bienestar de la población y en la producción alimenticia. Recientemente la enfermedad del VIH causó gran impacto noticioso al conocerse el significativo aumento de casos en el país. Según el Dr. Alejandro Afani, director del Centro de VIH del Hospital Clínico de la U. de Chile, en Chile más hay de 30 mil personas diagnosticadas con VIH, y se estima que entre 20 y 25 mil personas podrían estar infectadas. Las enfermedades estacionales como la influenza, significan el colapso del sistema de salud público primario, siendo el sector más vulnerable de la población quienes se sufren de mayor forma sus consecuencias 4. En este contexto, contar con modelos matemáticos que permitan predecir la propagación de enfermedades y que ayuden al diseño de políticas de prevención y tratamiento es un aporte significativo que es posible de realizar desde el modelamiento matemático.

Otra línea de desarrollo contemplada en el Programa de Magíster en Biomatemática, es la epidemiología-matemática.

Biotecnología y desarrollo sustentable. Actualmente muchas actividades industriales que son vitales en la economía del país, requieren de bioprocesos, como la Biolixiviación del Cobre o la fermentación del vino. El mal manejo de los bioprocesos, debido a una carente industria de biotecnológica puede terminar en una catástrofe ambiental como fue el caso de la industria salmonífera en la región de Los Lagos. Casos como estos, muestra la necesidad de avanzar urgentemente en innovación en los procesos productivos del país y entre ellos los relacionados con bioprocesos. Pero como ya han advertido distintos organismos nacionales como CORFO, CONICYT y MIDEPLAN, la innovación que puede realizar un cambio cualitativo en la matriz productiva del país es sólo aquella basada en ciencia.

La tercera línea de desarrollo del Magíster en Biomatemática, es la Biotecnología-matemática. Esta línea se está trabajando en coordinación con el Departamento de Biotecnología de nuestra Universidad.

Si bien no es objetivo del Programa la implementación, si tiene por misión generar nuevo conocimiento a través del modelamiento matemático, la cual ofrece herramientas analíticas que posibilitan la innovación con soporte científico. En tal propósito, se espera que los graduados del Programa aborden temas como la conservación de la biodiversidad, la prevención y manejo de enfermedades infecciosas o el desarrollo ambientalmente sustentable. Estas temáticas se encuentran específicamente abordadas en las asignaturas de Ecología Matemática, Epidemiología Matemática y Biotecnología Matemática.

- **Estudio de la coherencia con las necesidades de formación en el contexto de la visión institucional (Modelo Educativo y Plan de Desarrollo Estratégico Institucional).**

La Universidad Tecnológica Metropolitana ha declarado dentro de su misión, visión y objetivos institucionales el desarrollo de la multidisciplinaria y su compromiso con el medio ambiente y el desarrollo sustentable. En Plan de Desarrollo Estratégico Institucional para el cuatrienio 2016 – 20207, la Universidad se ha planeado el objetivo de incrementar y diversificar su oferta de postgrado vinculada estrechamente al desarrollo del I+D+i. Concordante con estas definiciones, el Departamento de Matemática, desde inicio del año 2017 ha decidido generar un polo de desarrollo en el área de la Biomatemática, realizando diversas actividades en función de este objetivo. En enero 2017, se realizó el Primer Workshop de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos con la participación de más de 50 investigadores nacionales y extranjeros. Este hito marcó el inicio de las actividades del Grupo MatBio-UTEM, conformados por cinco doctores, todos académicos del Departamento de Matemática. El grupo tiene en desarrollo tres proyectos de investigación en biomatemática:

- a) Modelos migratorio denso dependiente con efecto Allee.
- b) Estimación de parámetros en sistemas biológicos.
- c) Modelación estocástica en dinámica de poblaciones.

Estos proyectos han contado con el financiamiento de la DIDA a través de un proyecto L1 y de un Acuerdo Académico con la Vicerrectoría Académica. Durante el año 2017, el grupo MatBio-UTEM organizó su seminario estable, donde participaron investigadores de las principales universidades del país. Se realizaron un total de siete charlas entre abril y noviembre 2017.

Las actividades del grupo iniciaron el año 2018 con la realización del Segundo Workshop de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos, que al igual que su primera versión contó con la participación de destacados investigadores nacionales y extranjeros, en esta ocasión provenientes de Argentina, Colombia, Brasil y Venezuela.

Iniciado el año académico 2018, se ha continuado con el Seminario MatBio-UTEM, donde se encuentran programas la realización de 10 charlas entre abril y diciembre.

De igual forma, el grupo ha continuado con el desarrollo de sus líneas de investigación en biomatemática, donde ya se encuentran sometidos los primeros artículos y están en carpeta el envío de varios durante el primer semestre académico. En este sentido, el Programa de Magíster en Biomatemática puede aportar sustancialmente en el ámbito de la generación de nuevo conocimiento que aporte al cumplimiento de la misión institucional.

Esta propuesta de programa de postgrado ha sido confeccionada teniendo como marco conceptual y organizativo el Modelo Educativo UTEM8, en donde podemos destacar la articulación y la educación continua como elementos constituyentes. Si bien es cierto, que la Universidad aún no cuenta con un marco normativo y operacional para la articulación pregrado – postgrado, se está trabajando con la carrera de Ingeniería en Biotecnología, que se encuentra en proceso de renovación curricular, mecanismo de articulación entre ambos programas.

- **Análisis de demandas de desarrollo de la disciplina a nivel nacional e internacional.**

Actualmente, la Biomatemática cuenta con una creciente comunidad de académicos, investigadores y estudiantes vinculados al área, quienes se encuentran alojados en unidades académicas de matemática, biología y ciencias de la salud principalmente. Prueba de ello es el número de publicaciones en el área, que tanto nacional como internacionalmente ha tenido un crecimiento permanente.

La Biomatemática es una especialidad estable en los más importantes eventos matemáticos del país, como el Encuentro Anual de la Sociedad de Matemática de Chile o el Congreso de Matemática de la Zona Sur, siendo una de las sesiones invitadas permanente a dichos eventos.

No obstante, lo anterior, la resistencia al trabajo inter y multidisciplinario a significado que el país aún no cuente con unos programas de postgrado en esta especialidad. Por lo tanto, la eventual apertura de un programa de Magíster en Biomatemática, daría respuesta formativa a un no despreciable contingente de estudiantes interesados en esta disciplina.

En el marco de la elaboración de este proyecto, se realizaron dos encuestas, durante los días 15, 16 y 17 de junio. La primera dirigida a los docentes que prestan servicio en el Departamento de Matemática, en cualquier modalidad de contrato y convenio, obteniendo como resultado 10 profesores interesados en el Programa. La segunda encuesta de carácter externa y de carácter internacional, la cual fue difundida a través de las redes académicas y sociales del grupo MatBio-UTEM, se obtuvieron los siguientes resultados.

PAIS	Nº DE INTERESADOS
ARGENTINA	2
BOLIVIA	9
BRASIL	1
CHILE	16
CUBA	1
COLOMBIA	2
ECUADOR	3
PERÚ	3
<b>TOTAL:</b>	<b>37</b>

En el caso, particular de Chile, los interesados son provenientes de las siguientes universidades

UNIVERSIDAD	Nº DE INTERESADOS
UTEM	1
U. de Chile	5
UMCE	6
UPLA	1
UCM	1
PUCV	1
U. de los Lagos	1
<b>TOTAL:</b>	<b>16</b>

Tomando como base los datos de estas breves encuestas, se tiene un total de 53 interesados en el Programa. Cabe destacar con en la proyección de ingresos, para la primera cohorte se esperan una matrícula de 8 estudiantes.

**b) Análisis del medio educacional. Revisión (si existe) de oferta académica similar a nivel nacional (5 experiencias nacionales y al menos una experiencia internacional), que considere los siguientes elementos:**

- **Revisión de los criterios de acreditación vigentes.**

Los criterios de acreditación son los vigente por la Comisión Nacional de Acreditación, que en términos simplificado evalúa la capacidad de autorregulación del Programa, la solidez académica y la coherencia con la misión institucional. Los procedimientos de autorregulación se abordan en el Reglamento Interno del Programa, la solidez académica se ha estado trabajando desde hace un año para satisfacer los criterios establecidos por la CNA y la coherencia con la misión institucional ha sido explicada en el apartado anterior.

- **Revisión de la duración años de acreditación del programa (aplica para programas nacionales): mínimo la cantidad de años equivalentes a la acreditación institucional.**

Actualmente no existe en el país un programa equivalente. La oferta multidisciplinar en Chile, a nivel de postgrado, aún es muy limitada. En este contexto los programas con mayor similitud son el Programa en Bioestadística y los programas en matemática aplicada. Un hecho a destacar es que ninguno de estos programas se encuentra en la actualidad acreditados.

DATOS PROGRAMAS SIMILARES A NIVEL NACIONAL						
PROGRAMA UNIVERSIDAD	VALOR ANUAL	DURACIÓN	RÉGIMEN	CLAUSTRO	ACRED	SCT
Magíster en Bioestadística Universidad de Chile	3.250.000	4 Semestres	Diurno Presencial	6	-	130
Magíster en Matemática Aplicada Universidad del Bío-Bío	1.900.000	4 Semestres	Mixto Presencial	19	-	67
Magíster en Matemática Aplicada Universidad Católica de Temuco	2.047500	4 Semestres	Vespertino Presencial	13	-	-
Magíster en Matemática Aplicada Universidad Católica de la Santísima Concepción	1.700.000	3 Semestres	Diurna Presencial	Sin información	-	124

DATOS PROGRAMAS SIMILARES A NIVEL INTERNACIONAL				
PROGRAMA	UNIVERSIDAD	PAIS	DURACIÓN	CLAUSTRO
Master in Mathematical Biosciences	Ohio State	EE.UU.	4 semestre	No informado
Maestría en Biomatemática	Universidad del Quindío	Colombia	4 semestre	6

### c) Análisis del Medio Laboral.

El Programa de Magíster en Biomatemática espera para sus graduados tres líneas de desarrollo laboral:

- Docencia Universitaria: La mayoría de las universidades del país, debido a los procesos de acreditación, exigen para el desempeño docentes, formación de al menos nivel de magíster. Por lo tanto, se espera que los graduados de Programa de Magíster en Biomatemática mejoren sus capacidades laborales en el ámbito de la docencia universitaria.
- Equipos de Investigación e Innovación: La formación del graduado del Programa de Magíster en Biomatemática, le permite desempeñarse como modelador matemático en equipos de investigación e innovación en las áreas de desarrollo del programa, tanto en centros de investigación como en ámbito productivo. El Estado chileno, a través de CONICYT, ha motivado el vínculo del postgrado con el área productiva del país, mediante instrumentos específicos como el Concurso de Inserción de Capital Humano Avanzado en la Industria, cuyo objetivo es; "Contribuir al fortalecimiento de las empresas y centros/ institutos científico-tecnológicos nacionales, por medio de la inserción de capital humano avanzado". Esto demuestra el interés nacional en dotar al aparato productivo del país de especialista altamente calificados.

- Continuidad de Estudios: El Programa de Magíster en Biomatemática, propone una formación sólida en matemática aplicada con una amplia visión en aspectos de la biología moderna. Por tal motivo, los graduados del Programa califican para enfrentar estudios a nivel doctoral en el ámbito de la matemática, la ecología, la epidemiología o la biotecnología.

#### d) Propuesta de Magíster en Biomatemática:

- Comprometidos con el desafío que la Universidad se ha impuesto en el impulso del postgrado, el Departamento de Matemática ha decidido desarrollar una propuesta de Magíster en Biomatemática como continuidad natural de sus actividades de investigación en el área.
- Un hecho relevante de destacar es que la biomatemática ha tenido un fuerte desarrollo en las últimas décadas tanto a nivel nacional e internacional, habiendo un número creciente de investigadores dedicados a esta área del conocimiento. Sin embargo, a nivel nacional, no existe aún ninguna alternativa de postgrado, lo que le permitiría a la UTEM ser la primera institución en ofrecerlo, creando de esta forma un sello que la distingue dentro de la oferta nacional total de postgrado.
- La presente propuesta, tiene como elementos distintivos el desarrollo multidisciplinar, creando una alianza colaborativa a nivel interno, entre los departamentos de Matemática y Biotecnología que le permitirá ofrecer una alternativa de continuidad formativa a nivel de postgrado a los estudiantes egresados de las carreras de Ingeniería en general y la los de Biotecnología en particular.
- El presente proyecto de Programa de Magíster se considera una etapa intermedia, en el objetivo final de contar con un Programa Doctoral en Biomatemática, el cual debiera ser factible de alcanzar en el mediano plazo.
- La propuesta presentada en este documento, nace de la discusión de los integrantes del grupo MatBio-UTEM la cual fue presentada, discutida y aprobada en reunión del Departamento de Matemáticas y en el Consejo de Facultad de Ciencias Naturales, Matemáticas y del Medio Ambiente, para que esta sea presentada a los organismos superiores la Universidades.

#### F.2 COMPETITIVIDAD DEL PROGRAMA PRESENTADO

La creación de un programa de postgrado debe ser el resultado natural de las actividades de investigación, desarrollo e innovación en algún área específica del conocimiento. Nuestra Universidad tiene aún, un escaso desarrollo y experiencia en estos ámbitos, situación que ha comenzado a revertirse en los últimos años. Por lo mismo, la oferta de postgrado de la Universidad es todavía muy limitada, sin embargo, la presión del sistema nacional de educación superior, impone a las universidades y principalmente a las del Estado, avanzar en complejidad de su quehacer académico.

En particular la UTEM deberá a fines del año 2020, mostrar a la CNA su desarrollo en investigación y postgrado además de sus habituales áreas de acreditación. El Departamento de Matemática, consiente de este enorme desafío, resolvió a fines del año 2016 hacer una apuesta de desarrollo de la Biomatemática que involucrara investigación y postgrado, así nació el grupo de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos, MatBio-UTEM.

Este grupo en un año y medio de actividad ha avanzado en generar las condiciones para la apertura, en una primera etapa de un programa de magíster y en una segunda etapa un programa de doctorado.

A continuación, se muestran las líneas de base sobre la cual se construye la propuesta del Programa de Magíster en Biomatemática.

#### **a) RECURSOS HUMANOS.**

- **Profesores Internos:** El núcleo de profesores con que nace esta propuesta está constituido por los integrantes del grupo MatBio-UTEM que conforman un equipo de 9 profesores, a este grupo inicial se suman dos profesores del Departamento de Biotecnología. Todos los académicos jornada completa con grado de doctor.
- **Profesores Externos:** El grupo MatBio-UTEM, cuenta con una amplia red de colaboraciones académicas, tanto a nivel nacional como latinoamericano. En esta etapa de creación se ha invitado a tres académicos nacionales y dos extranjeros a ser parte de este proyecto. Este limitado número de profesores invitados, busca evitar participaciones meramente nominales.

#### **b) ACTIVIDAD CIENTÍFICA**

- Participación en Eventos. Los integrantes de MatBio-UTEM en los dos últimos años han participado en números eventos nacionales e internacionales. Cabe destacar:
  - Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza – Argentina.
  - Congreso Latinoamericano de Biomatemática, Cusco – Perú.
  - Encuentro Red Latinoamérica de Biomatemática, Sucre – Colombia.
  - Escuela Internacional de Matemática, Escuela Colombiana de Ingeniería.
  - Encuentro Anual SOMACHI 2017.
  - Primer Congreso Multidisciplinario de Matemática, Lima – Perú.
- Seminario MatBio-UTEM. Es una actividad permanente, basada en charlas de especialistas, preferentemente de universidades chilenas, que se realiza desde abril a diciembre. El seminario va en su tercera versión.

- **Workshop de Modelamiento Matemático de Sistemas Biológicos.** Este evento de carácter internacional, ha logrado a pesar de su corta existencia, contar con un importante reconocimiento de la comunidad biomatemática nacional y latinoamericana. En sus tres versiones ha contado con la participación de exponentes: de Francia, Argentina, Brasil, Colombia, Perú y Venezuela, además de investigadores de más de 10 instituciones nacionales.
- c) PROFESORES VISITANTES:** Durante los dos años y medio de funcionamiento del grupo MatBio-UTEM, se ha contado con la presencia de varios académicos invitados quienes han participado de las actividades del grupo y del Departamento de Matemática. Estos académicos son los siguientes:
- 2017. María Zegarra. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
  - 2017. Roxana López. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
  - 2017. Charlie Lozano. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
  - 2018. Fernando Momo. Universidad Nacional General Sarmiento. Buenos Aires.
  - 2018. Melba Vertel. Universidad de Sucre. Colombia.
  - 2019. Jorge Velazco-Hernández. Universidad Autónoma de México.
  - 2019. Fernando Momo. Universidad Nacional General Sarmiento. Buenos Aires.
- d) PROYECTOS:** Los proyectos de investigación han sido esenciales en el desarrollo de las actividades científicas del grupo MatBio-UTEM, pues ellos han permitido financiarlos.
- Acuerdo Académico: Red Latinoamericana de Biomatemática. Académico. Responsable. Dr. Ricardo Castro.
  - Proyecto Interno L1: Estocasticidad Demográfica y Efecto Allee en Dinámica de Poblaciones. Académico responsable Gustavo Ossandón.
  - Proyectos con financiamiento externo: Proyecto Fondef. "Diseño de un prototipo automatizado móvil para el monitoreo y modelación de variables ambientales en Faenas Mineras". Investigador asociado Dr. Miguel Montenegro.

**e) PUBLICACIONES PERIODO 2017 – 2019:** Durante los dos últimos años el grupo MatBio-UTEM, ha desarrollado varias líneas de investigación que han comenzado a concretarse en artículos destinados a revistas científicas indexadas.

- Publicadas: 1 publicación.
- Enviadas: 3 publicaciones.
- En desarrollo: 4 publicaciones.

**f) INFRAESTRUCTURA Y RECURSOS DISPONIBLES:**

- Espacio Físico. El Departamento de Matemática cuenta con una oficina que sería destinada para uso de los estudiantes del Programa.
- Equipos Computacionales. El Departamento de Matemática cuenta con un laboratorio habilitado para el trabajo docente.
- Software Especializado. El Departamento de Matemática cuenta en sus laboratorios de computación con algunos softwares matemático especializado.
- Bibliografía Especializadas. Las Bibliotecas de la Universidad no cuentan con literatura del área a nivel de postgrado.
- Acceso a Bases de Datos. La Dirección de Biblioteca cuenta con suscripciones a importantes bases de datos científicas. Entre las que destacan Scopus y Web of Science, Springer, Oxford Academic, Nature, entre otros.

### G: PRESUPUESTO PROGRAMA DE POSTGRADO

DETALLE DE COSTOS	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	Alum	Alum	Alum	Alum	Alum	Alum
<b>INGRESOS</b>	\$ 9.955.200	\$ 23.820.400	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600	\$ 26.129.600
<b>MATRICULA</b>	\$ 955.200	\$ 1.910.400	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600	\$ 2.069.600
<b>ARANCELES</b>	\$ 9.000.000	\$ 20.160.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000	\$ 21.960.000
<b>TITULACIÓN</b>	\$ -	\$ 1.750.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000
<b>PROGRAMA ACREDITADO</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>DOCENTES</b>	\$ 6.696.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000	\$ 11.160.000
<b>DIRECTOR / Coordinador</b>						
<b>DIRECTOR PROGRAMA</b>	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080	\$ 2.689.080
<b>ADMINISTRATIVOS</b>						
<b>APOYO LABORATORIO</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>OTROS HONORARIOS</b>						
<b>SECRETARIA</b>	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
<b>MATERIALES DE ENSEÑANZA</b>						
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	\$ 2.000.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000
<b>UTILES DE ENSEÑANZA</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>SERVICIO DE IMPRESION, PUBLICIDAD Y DIFUSION</b>						
<b>AVISOS PUBLICITARIOS</b>	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000
<b>IMPRESIONES</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>ARRIENDO DE INMUEBLES Y OTROS ARRIENDOS</b>						
<b>AMORTIZACIÓN ARRIENDO DE INMUEBLES</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>APORTE MANTENCION DE LABORATORIOS DE LA UTEM</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>GASTOS EN COMPUTACION</b>						
<b>ARRIENDO DE EQUIPOS</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

COMPRA DE EQUIPOS	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
MATERIALES E INSUMOS COMPUTACIONALES	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
OTROS SERVICIOS						
FOTOCOPIAS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TEXTOS Y REVISTAS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
OTROS GASTOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
GIRO A RENDIR (GASTOS MENORES)	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000
INSUMOS BREAK (120 servicio de café * 1600 *14 als.)	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000	\$ 700.000
GASTOS BASICOS (IMPREVISTOS)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<i>Profesores visitantes (pasajes, estadía, traslado y honorarios)</i>	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
GASTO ADMINISTRACION CENTRALIZADA DEL BANCO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>\$ 16.485.080</b>	<b>\$ 19.449.080</b>				
Obras laboratorio (doc e investiga), sala conferencias, oficina y baño	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipamiento audiovisual	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Licencias de software	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipos laboratorios y taller	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipamiento salas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipamiento oficina	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL INVERSIONES</b>	<b>\$ -</b>					
OVER HEAD CENTRAL	\$ 995.520	\$ 2.207.040	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960	\$ 2.402.960
OVERHEAD VRIP	\$ 497.760	\$ 1.103.520	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480	\$ 1.201.480
COSTOS DE TITULACION	\$ -	\$ 1.750.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000
OTRAS RETENCIONES	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Provisión de incobrables	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL COSTOS INSTITUCIONALES</b>	<b>\$ 1.493.280</b>	<b>\$ 5.060.560</b>	<b>\$ 5.704.440</b>	<b>\$ 5.704.440</b>	<b>\$ 5.704.440</b>	<b>\$ 5.704.440</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$ 17.978.360</b>	<b>\$ 24.509.640</b>	<b>\$ 25.153.520</b>	<b>\$ 25.153.520</b>	<b>\$ 25.153.520</b>	<b>\$ 25.153.520</b>

<b>FLUJO DE CAJA NETO</b>	\$ -8.023.160	\$ -689.240	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080	\$ 976.080
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	\$ -8.023.160	\$ -8.712.400	\$ -7.736.320	\$ -6.760.240	\$ -5.784.160	\$ -4.808.080
<b>FLUJO DE CAJA INSTITUCIONAL</b>	\$ -6.529.880	\$ 4.371.320	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520	\$ 6.680.520
<b>INVERSIÓN INICIAL REQUERIDA</b>	\$ -8.712.400					
<b>VAN PROGRAMA</b>	\$ -5.306.342					
<b>VAN INSTITUCIONAL</b>	15.177.522					
<b>CAJA ACUMULADA</b>	\$ -4.808.080					

G.1 GASTOS EN HONORARIOS PERSONAL DOCENTE

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CONCEPTOS	Alum	Alum	Alum	Alum	Alum	Alum
Total Costos Docencia Directa	6.696.000	11.160.000	11.160.000	11.160.000	11.160.000	11.160.000
<b>DOCENTES</b>						
<b>1° semestre ingreso marzo</b>						
Ecología Matemática	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
Modelamiento Diferencial	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
Procesos Estocásticos	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
<b>2do semestre</b>						
Epidemiología Matemática	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
Epidemiología Matemática	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
Epidemiología Matemática	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
<b>3er semestre</b>						
Biotecnología Matemática	\$ -	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
Seminario de Investigación I	\$ -	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
Proyecto de Tesis	\$ -	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
<b>4to semestre</b>						
Seminario de Investigación II	\$ -	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000	\$ 1.116.000
TESIS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

## H: ORIENTACIONES SOBRE PRODUCTIVIDAD POR COMITÉS DE ÁREA<sup>5</sup>

Véase Anexo H1.

---

<sup>5</sup> Se han incorporado aquellas áreas que son más atingentes, no obstante, se pueden incorporar otras áreas a medida que la universidad desarrolle programas académicos en esas áreas. Se han excluido las áreas de: Ciencias de la Salud, Especialidades Médicas, Especialidades Odontológicas, Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Ciencias Jurídicas y Psicología.



## **I: FORMATO PROGRAMA DE ASIGNATURA**

Véase Anexo I1.

**ANEXO E1: REGLAMENTO PROGRAMA DE MAGÍSTER EN BIOMATEMÁTICA****PROPUESTA DE REGLAMENTO PARA EL MAGÍSTER EN BIOMATEMÁTICA  
REGLAMENTO DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO****Magíster En Biomatemática**

Para el Programa de Estudios aprobado por Resolución Exenta N° [número] de [fecha]

**TÍTULO I  
DISPOSICIONES GENERALES****ARTÍCULO 1.**

El presente Reglamento establece las normas para el buen funcionamiento académico, administrativo y financiero del Programa de Magíster en Biomatemática de la Universidad Tecnológica Metropolitana, en adelante denominado el Programa.

**ARTÍCULO 2.**

Este Reglamento se aplicará sin perjuicio de las normas contenidas en el Reglamento General de Postgrado de la Universidad Tecnológica Metropolitana, en adelante el Reglamento de Postgrado y el Reglamento General de Estudiantes.

Las situaciones no contempladas en este Reglamento serán resueltas en primera instancia por el/la Director/a del Programa en conjunto con el Comité Académico, en segunda instancia por el/la Director/a de la Escuela de Postgrado, y en tercera instancia por el/la Vicerrector/a de Investigación y Postgrado, previo informe enviado por el/la Director/a del Programa respectivo.

**ARTÍCULO 3. OBJETIVOS**

Los objetivos del Programa de Magíster en Biomatemática son:

**Objetivo General:**

- Formar especialistas en el área de la biomatemática, con grado de magíster, con fuerte base teórica y metodológica multidisciplinaria, capaces de comprender, interpretar y desarrollar modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, que puedan contribuir a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

**Objetivos Específicos:**

- Fortalecer el trabajo en equipos multidisciplinarios, en el ámbito de la investigación, desarrollo e innovación de problemáticas vinculadas a los sistemas biológicos, utilizando las herramientas del modelamiento matemático.
- Aportar a la generación de conocimiento en alguna de las líneas de investigación sustentadas por el programa en el área de la Biomatemática, para responder a preguntas relevantes en el ámbito científico y/o sector productivo.

**ARTÍCULO 4. PERFIL DE EGRESO**

La persona graduada del Magíster en Biomatemática de la Universidad Tecnológica Metropolitana es especialista con alta capacidad analítica que domina en un nivel avanzado la teoría y las técnicas de la matemática aplicada, siendo capaz de modelar matemáticamente sistemas biológicos, aportando con ello a la sustentabilidad económica, ambiental y social del país.

Su formación disciplinar y metodológica la capacita en la creación de programas de simulación computacional de modelos matemáticos con el fin de explorar, conjeturar y predecir comportamientos de sistemas biológicos. Asimismo, el dominio en matemática y biología, le permite integrar resultados teóricos-matemáticos con la categorías y fenómenos biológicos, interpretándolos e infiriendo conocimiento para dar respuesta en ese contexto.

Su manejo conceptual y taxonómico especializado le permite interactuar con matemáticos y biólogos, facilitando su inserción y trabajo colaborativo en equipos multidisciplinarios en el ámbito de investigación, desarrollo e innovación en Ecología Matemática, Epidemiología Matemática o Biotecnología Matemática.

Además, se desempeña aplicando pensamiento analítico, razonamiento científico- matemático, y habilidades de comunicación para difundir y transferir el conocimiento a un público amplio y diverso. El o la especialista puede insertarse en equipos de investigación en la academia y sector productivo, en actividades de docencia universitaria, en labores de divulgación científica y la continuidad de estudios a nivel doctoral en las disciplinas de Matemática, Biología o Biomatemática.

El proceso de revisión, evaluación y evidencias de validación del perfil de egreso debe constituirse en un mecanismo de mejora continua dentro del programa de Postgrado, proceso que podrá realizarse cada cuatro años, o cada dos cohortes de graduados y graduadas.

## **TÍTULO II PROCESO DE SELECCIÓN**

### **ARTÍCULO 5.**

El Proceso de Selección de postulantes al Programa inicia con la apertura del período de postulación, según lo establecido en el Artículo 40, letra a) del presente reglamento.

### **ARTÍCULO 6. REQUISITOS DE POSTULACIÓN**

Para postular al Programa de Magíster en Biomatemática es necesario:

- a) Estar en posesión de grado de licenciatura o título profesional en el ámbito de la matemática, biología, biotecnología o alguna especialidad relacionada a estas, o estar en posesión del título profesional de ingeniero civil o equivalente.
- b) Contar con dos cartas de recomendación, en el formato oficial del Programa, de académicos que hayan sido parte de su formación o desempeño académico.
- c) Presentar copia de certificado de grado o título y concentración de notas.
- d) Presentar una carta que explique la motivación de postular al Programa.

### **ARTÍCULO 7.**

Toda documentación emitida por instituciones extranjeras deberá ser presentada en original y, estar legalizada en la Embajada o Consulado de Chile en el país de origen o ante el Ministerio de Relaciones Exteriores en Chile, y traducida al español cuando corresponda, para formalizar la matrícula una vez admitido al programa.

### **ARTÍCULO 8.**

El postulante deberá enviar la documentación solicitada por vía electrónica al correo del Programa, dentro de las fechas estipuladas en el proceso de selección fijado cada año, según el Artículo 44,



Los postulantes seleccionados, deberán declarar su nivel de conocimiento del idioma inglés y de estar en conocimiento que el programa requiere de la lectura de bibliografía en dicho idioma.

**ARTÍCULO 14.**

Realizada la selección, el Director de Programa comunicará el resultado a todos los postulantes, como lo establece el Artículo 27, letra e) del Reglamento General de Postgrado.

**ARTÍCULO 15.**

Los postulantes seleccionados contarán con una semana, a partir de la fecha de comunicación del resultado, para confirmar su ingreso al Programa. La confirmación será vía correo electrónico dirigido al Director del Programa. Los postulantes seleccionados, que no confirmen su ingreso en el período correspondiente perderán su vacante, la cual será asignada a los postulantes elegibles en orden del puntaje obtenido.

**ARTÍCULO 16.**

Los postulantes seleccionados serán considerados estudiantes del Programa al momento de formalizar la matrícula en las instancias y períodos definidos por la Universidad.

**ARTÍCULO 17. CURSOS NO CONDUCENTES A GRADO**

El programa podrá ofrecer cupos para personas interesadas en realizar cursos como parte de un proceso de formación continua y actualización disciplinar en una modalidad de Estudios de Postgrado no Conducientes a Grado Académico, estableciéndose para tales efectos las siguientes condiciones:

- a) Se podrán admitir a personas graduadas de programas similares a nivel de máster, magíster o doctorado o demostrar características similares a las indicadas como parte del perfil de ingreso.
- b) El curso o los cursos serán certificados como actividad de postgrado, indicándose su nombre y los créditos SCT y Calificación.
- c) El valor (arancel) de cada curso o actividad curricular será establecido proporcionalmente de acuerdo con los créditos de cada actividad curricular y conforme al valor total del postgrado, además de una cuota de inscripción equivalente al 10% del valor de la matrícula anual.
- d) El o la estudiante que ingrese posteriormente al Programa de Magíster, podrá convalidar la actividad cursada de acuerdo con los requisitos de convalidación establecidos en el Reglamento General de Postgrado.
- e) En la Resolución de dictación de cada cohorte, se determinarán los cupos ofertados.

**TITULO III  
NORMAS ACADÉMICAS**

**ARTÍCULO 18.**

Todas las actividades curriculares del Programa serán evaluadas en la escala del 1 a 7, expresando su resultado con una cifra decimal.

**ARTÍCULO 19.**

La nota mínima para la aprobación de las actividades curriculares del Programa será un 5,0, a excepción de la Tesis de grado que tendrá como nota mínima de aprobación un 5,5 según lo

estipulado en el Artículo 35 del presente reglamento. Las notas serán expresadas con un decimal, usando el centésimo igual o superior a 5 para aumentar en una unidad el valor decimal. Para estos efectos no se considerará la milésima

**ARTÍCULO 20.**

La metodología y forma de evaluación será informada por el profesor del curso al inicio de este, quien deberá entregar además copia del programa oficial de la asignatura.

**ARTÍCULO 21. CONVALIDACIONES**

Los estudiantes del Programa podrán solicitar convalidación de asignaturas según lo establecido en el Artículo 29 del Reglamento General de Postgrado. Para tal efecto la solicitud deberá ser presentada al Director del Programa, al momento del ingreso a este.

El Comité Académico del Programa resolverá las solicitudes de convalidación en base a la documentación entregada por el estudiante. Como criterio general, un curso podrá ser convalidado solo si su contenido es cubierto en al menos un 80%, con una o más asignaturas de postgrado cursadas por los estudiantes, en las que haya obtenido una calificación mayor o igual a 5,0 en cada una de ellas.

**ARTÍCULO 22.**

En aquellos casos que la solicitud de convalidación sea aprobada, el Comité Académico de Postgrado asignará una calificación final, en base a los antecedentes entregado por los estudiantes.

**ARTÍCULO 23.**

El Plan de Estudios del Programa de Magíster en Biomatemática es el siguiente:

PRIMER AÑO		SEGUNDO AÑO	
SEMESTRE I	SEMESTRE II	SEMESTRE III	SEMESTRE IV
Ecología Matemática	Epidemiología Matemática	Biotecnología Matemática	Electivo Avanzado II
Modelamiento Diferencial	Modelamiento Numérico	Electivo Avanzado I	Tesis
Modelamiento Estocástico	Modelamiento Matricial	Proyecto de Tesis	

Todas las actividades curriculares tendrán asignada una dedicación de 5 SCT-Chile, a excepción de la Tesis que tendrá asignada una dedicación de 10 SCT-Chile. Por lo tanto, el programa cuenta con total de 60 SCT-Chile.

**ARTÍCULO 24.**

Los estudiantes deberán cada semestre, realizar proceso de matrícula en la que soliciten la asignación de su carga académica. Será responsabilidad del Director del Programa, aprobar para cada estudiante, la carga académica a cursar respetando los prerrequisitos y correquisitos establecido en cada asignatura.

## TITULO IV REQUISITOS DE GRADUACIÓN

### **ARTÍCULO 25.**

Los estudiantes del Programa deberán desarrollar una Tesis de Graduación durante su último semestre. Según lo establecido en el Artículo 30 del Reglamento General de Postgrado. La tesis es una actividad de carácter individual, en donde el estudiante deberá demostrar que ha adquirido el conocimiento y las competencias establecidas en el Artículo 4 de este reglamento y será sometida a evaluación según lo estipulado en el Artículo 34 del presente reglamento.

Para obtener el grado de Magister en Biomatemática, el estudiante deberá realizar una presentación oral de los resultados de sus tesis en un congreso especializado. Dicha presentación deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académico del Programa, tal como lo estipula el Artículo 30 del presente reglamento.

El requisito descrito en el párrafo anterior podrá ser reemplazado por el envío de un artículo científico con los resultados de la tesis, a una revista especializada. El envío del artículo deberá ser posterior a la entrega de la tesis al Comité Académico del Programa, tal como lo estipula el Artículo 30 del presente reglamento.

Será responsabilidad del Comité Académico del Programa evaluar la pertinencia del congreso o de la revista que hace alusión los párrafos anteriores.

### **ARTÍCULO 26. PROFESOR GUÍA**

La realización de la tesis estará guiada y supervisada por un profesor del Programa, quien será denominado Profesor Guía. En la eventualidad que el Profesor Guía no pertenezca al Claustro del Programa, deberá incluirse un co-guía perteneciente a este. La tesis podrá contar con uno o más co-guías, pero sólo con un guía de tesis.

### **ARTÍCULO 27.**

La inscripción de la Tesis deberá ser aprobada por el Comité Académico del Programa, posterior a la aprobación del Proyecto de Tesis. Será responsabilidad del Comité Académico del Programa, velar que el tema de Tesis posea el nivel adecuado y sea concordante con el perfil de egreso del estudiante.

### **ARTÍCULO 28. COMISIÓN DE EVALUACIÓN DE TESIS**

La Tesis será evaluada a través de un informe escrito y una defensa pública por una Comisión de Evaluación, constituida por el Profesor Guía, un profesor de Claustro del Programa que no haya participado en el desarrollo de la tesis y un experto externo a la Universidad, quien deberá cumplir con requisitos equivalentes de productividad académica exigibles a los profesores del Programa.

### **ARTÍCULO 29.**

La conformación de la Comisión de Evaluación será aprobada por el Comité Académico del Programa, quienes velarán por el cumplimiento de los requisitos para ser parte de ella. Dicha comisión no será conformada mientras el estudiante mantenga obligaciones económicas pendientes con la Universidad.

### **ARTÍCULO 30.**

El informe escrito de la Tesis deberá realizarse siguiendo las normas de forma y estilos fijados por el Programa para tal efecto.

Una vez concluido el informe escrito, el Profesor Guía enviará al Director del Programa una copia digital en donde se deje constancia expresa de la aprobación por parte de él y de la fecha de entrega.

El Comité Académico del Programa, en sesión ordinaria o extraordinaria procederá a conformar la Comisión de Evaluación y distribuirá la copia digital a sus integrantes, quienes tendrán plazo de 30 días para enviar su evaluación usando el formulario oficial del Programa para este efecto.

Recibidas las evaluaciones y observaciones, el estudiante tendrá un plazo de 15 días para realizar las mejoras y ajustes sugeridos por la comisión, y entregar a su Profesor Guía la versión final y definitiva del informe escrito de la Tesis.

Será responsabilidad del Profesor Guía enviar al Director del Programa y a los demás miembros de la Comisión de Evaluación, la versión final de la Tesis.

#### **ARTÍCULO 31.**

Entregada la versión final de la Tesis, el Comité Académico del Programa fijará fecha para la defensa pública, la cual no excederá los 15 días de la recepción de esta.

La Defensa Pública será presidida por el Director del Programa o un miembro del Claustro designado por él. El estudiante contará con 45 minutos para exponer su trabajo, tras los cuales los miembros de la Comisión de Evaluación podrán interrogar al estudiante. Concluida las preguntas y observaciones realizadas por la Comisión de Evaluación, el público podrá realizar preguntas al estudiante.

Concluida la exposición, la Comisión de Evaluación, junto al Director del Programa se reunirá de forma inmediata a realizar la evaluación final de la tesis en sesión cerrada.

#### **ARTÍCULO 32.**

La evaluación de la Tesis se realizará siguiendo las siguientes pautas:

- El informe escrito tendrá una ponderación de 60% y la defensa pública de 40%.
- La evaluación del Profesor Guía tendrá una ponderación del 20% en cada ítem.
- La evaluación del Profesor del Claustro tendrá una ponderación del 30% en cada ítem.
- La evaluación del Especialista Externo tendrá una ponderación del 50% en cada ítem.

#### **ARTÍCULO 33.**

La nota mínima para considerar aprobada la tesis será de 5,5 en la escala de 1 a 7, correspondiente al 30% de la nota final del programa

#### **ARTÍCULO 34.**

Habiéndose cumplido los requisitos establecidos en el Artículo 25 del presente reglamento, el Director del Programa enviará al Director de la Escuela de Postgrado, un informe académico del estudiante donde conste que ha cumplido todos los requisitos de graduación, en un plazo no superior a 7 días.

### **TITULO V RETIROS TEMPORALES Y CAUSALES DE ELIMINACIÓN**

#### **ARTÍCULO 35.**

Los estudiantes del Programa podrán solicitar interrupción temporal de sus estudios por un máximo de dos semestres, según las normas establecidas en el Artículo 31 del Reglamento General de Postgrado.

### **ARTÍCULO 36.**

Incurrirán en causal de eliminación del programa, según lo establecido en el Artículo 32 del Reglamento General del Postgrado quienes:

- a) Hayan reprobado en más de una ocasión alguna asignatura del Programa o hayan reprobado su Tesis de Graduación.
- b) No hayan realizado su matriculado en el período correspondiente.
- c) En seis semestres de permanencia en el Programa, no hayan concluido todas las exigencias de graduación contempladas en el Artículo 25 del presente Reglamento. Este plazo no considera los períodos de interrupción temporal de estudio.
- d) Hayan sido sancionados con la medida disciplinaria de expulsión según lo establecido en el Reglamento de Disciplina Estudiantil.

## **TITULO VI ADMINISTRACIÓN DEL PROGRAMA**

### **ARTÍCULO 37. ACADÉMICOS DEL PROGRAMA**

El cuerpo académico del Programa estará compuesto por un conjunto de profesores que cumplan los requisitos establecidos en el Artículo 51 del Reglamento General de Postgrado.

### **ARTÍCULO 38.**

Los profesores del programa serán clasificados en las siguientes categorías:

- a) **Profesor de Claustro:** Profesor Jornada Completa de la Universidad de dedicación estable y permanente al Programa.
- b) **Profesor Colaborador:** Profesor de la institución que realiza una actividad académica específica.
- c) **Profesor Visitante:** Profesor externo a la institución que participa del Programa.

### **ARTÍCULO 39. CLAUSTRO DEL PROGRAMA**

La administración estratégica del Programa será realizada por un organismo colegiado denominado Claustro, el que estará compuesto por los profesores pertenecientes a la categoría de Profesor de Claustro según lo establecido en el Artículo 37 de este reglamento. Serán funciones del Claustro:

- a) Elegir entre sus miembros al Director del Programa.
- b) Elegir entre sus miembros al Comité Académico del Programa.
- c) Aprobar la presentación de propuestas de modificación del Plan de Estudios, de contenidos de las actividades curriculares o del Reglamento Interno del Programa, según lo establecido en el Artículo 49, letra g) del presente reglamento.
- d) Remover o reemplazar al Director del Programa con el acuerdo de la mayoría de sus miembros.

#### **ARTÍCULO 40.**

El Claustro del Programa sesionará en forma ordinaria tres veces en el año; al inicio del año académico, al término del primer semestre y al finalizar el año académico y en forma extraordinaria, cuando sea convocado por el Director del Programa, el Director de la Escuela de Postgrado o por la mayoría simple de sus miembros. Todas las sesiones deberán ser citadas con al menos una semana de antelación.

El Claustro del Programa, para tomar acuerdo, requerirá mayoría simple de los asistentes a la sesión, sea ordinaria o extraordinaria.

Las sesiones del Claustro serán presididas por el Director de Programa, quien deberá levantar acta de acuerdo de la sesión, la que será presentada para la aprobación y firma de sus miembros. En ausencia de este, los asistentes elegirán un presidente de sesión en reemplazo del Director del Programa.

#### **ARTÍCULO 41. COMITÉ ACADÉMICO DEL PROGRAMA**

El Comité Académico es un organismo colegiado formado por el Director del Programa más cuatro miembros del Claustro elegidos por sus pares.

#### **ARTÍCULO 42.**

Serán funciones del Comité Académico las siguientes:

- a) Fijar el calendario de postulación al Programa y realizar el proceso de selección de nuevos estudiantes, según lo estipulado en el Artículo 27 del Reglamento General de Postgrado.
- b) Asignar los profesores para las distintas actividades curriculares.
- c) Evaluar las solicitudes de convalidación de asignaturas, de retiro temporal o cualquier otra presentada por los estudiantes.
- d) Conformar la Comisión de Evaluación de Tesis de Graduación a petición del Profesor Guía de un estudiante, salvaguardando los requisitos estipulados en los Artículos 25 y 26 del presente reglamento.
- e) Aprobar el Informe Académico anual presentado por el Director del Programa.
- f) Aprobar el Presupuesto Anual, presentado por el Director del Programa.
- g) Aprobar el Instructivo de aseguramiento de la calidad del Programa.
- h) Aprobar cualquier normativa o criterios complementarios a este reglamento.

#### **ARTÍCULO 43.**

El Comité Académico del Programa sesionará mensualmente de forma ordinaria, de acuerdo con el calendario elaborado por el Director del Programa al inicio de cada año, y de forma extraordinaria cuando sea convocado por el Director del Programa, el Director de la Escuela de Postgrado o por la mayoría de sus miembros. Las sesiones extraordinarias deberán ser citadas con al menos una semana de anticipación.

El Comité Académico del Programa, para tomar acuerdo, requerirá mayoría simple de los asistentes a sus sesiones ordinarias o extraordinarias.

Las sesiones del Comité Académico serán presididas por el Director de Programa, quien deberá levantar acta de acuerdo de la sesión, la que será presentada para la aprobación y firma de sus miembros. En ausencia de este, los asistentes elegirán un presidente de sesión en reemplazo del Director del Programa.

#### **ARTÍCULO 44.**

Los miembros del Comité Académico serán elegidos por los miembros del Claustro y ejercerán la función por un período de dos años y no podrán ser reelegidos en periodos consecutivos.

#### **ARTÍCULO 45.**

El Comité Académico del Programa renovará la mitad de sus integrantes cada año en la primera reunión anual del Claustro.

#### **ARTÍCULO 46.**

Para realizar la elección de los miembros del Comité Académico, se seguirá el siguiente procedimiento:

- El Director del Programa una semana antes de la primera reunión anual del Claustro, llamará a inscribirse como candidato al Comité Académico.
- Los interesados podrán inscribirse hasta un día antes de la sesión del Claustro.
- El director del Programa elaborará los votos con los candidatos a miembro del Comité Académico.
- La votación se realizará en urna de forma de garantizar la confidencialidad del voto.
- Los votos, para ser válidos deberán contar con exactamente dos preferencias.
- Serán elegidos miembro del Comité Académico quienes obtengan las dos más altas mayorías.
- En caso de empate en la segunda mayoría se realizará una votación complementaria entre los candidatos empatados.
- Los miembros electos entrarán en funciones a partir de la siguiente sesión del Comité Académico.

#### **ARTÍCULO 47.**

Debido a incumplimiento fundado de funciones, el Director del Programa podrá solicitar al Claustro remoción y reemplazo de integrantes del Comité Académico. Para este fin, se convocará a una reunión extraordinaria del Claustro. De ser aprobada la solicitud, se elegirá inmediatamente un reemplazante quien ejercerá la carga hasta cumplir el período en curso.

#### **ARTÍCULO 48.**

Para un mejor proceder, el Director del Programa podrá invitar a un representante de los estudiantes del Programa a las sesiones del Comité Académico. El representante de los estudiantes participará con derecho a voz en tales sesiones.

#### **ARTÍCULO 49. DIRECCIÓN DEL PROGRAMA**

El o la directora/a del Programa es un miembro del Claustro elegido por sus pares, quien tendrá las siguientes funciones:

- a) Representar al Programa en todas las instancias internas y externas que le competan.
- b) Elaborar y coordinar la ejecución del presupuesto anual del Programa, el que deberá ser aprobado por el Comité Académico.
- c) Implementar los acuerdos del Claustro y del Comité Académico.
- d) Elaborar el informe anual de funcionamiento del Programa en sus aspectos académicos, administrativos y financiero, el cual deberá ser aprobado por el Comité Académico para su posterior presentación al Director de la Escuela de Postgrado.

- e) Dirigir el proceso de aseguramiento de la calidad y acreditación del Programa.
- f) Presentar al Comité Académico las solicitudes de los estudiantes.
- g) Presentar al Claustro modificaciones al Plan de Estudio, a los contenidos de las actividades curriculares o al Reglamento Interno del Programa.
- h) Proponer al Comité Académico el instructivo de aseguramiento de la calidad.
- i) Proponer al Comité Académico criterios o normativas complementarias a estereglamento.
- j) Solicitar al Claustro remoción por incumplimiento de funciones de miembros del Comité Académico, de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 49 de estereglamento.

#### **ARTÍCULO 50.**

El o la directora/a del Programa será elegido por un período de dos años, no pudiendo ser elegido por más de dos períodos consecutivos.

#### **ARTÍCULO 51.**

La elección de él o la directora/a del Programa se realizará según el siguiente procedimiento:

- a) La votación se realizará en la segunda sesión ordinaria del Claustro Académico del año que corresponda elección.
- b) Un mes antes de la votación, él o la directora/a del Programa hará un llamado a los miembros del Claustro a inscribirse como candidatos a Director de Programa. El período de inscripción concluirá 7 días antes de la votación.
- c) El Director del Programa estará a cargo de la confección de los votos.
- d) La votación se realizará en urna de forma de garantizar la confidencialidad del voto.
- e) El voto para ser válido deberá contar con una sola preferencia.
- f) Será elegido Director del Programa, quien obtenga la mayoría simple de la votación.
- g) En caso de empate en la primera mayoría, se realizará inmediatamente una elección complementaria con los candidatos empatados.
- h) El candidato electo, entrará en funciones a partir del día siguiente a la elección.

#### **ARTÍCULO 52.**

En la eventualidad que el Director de Programa cese sus funciones debido a renuncia o remoción. El Claustro elegirá un reemplazante, quien ejercerá el cargo hasta cumplir el período en curso.

#### **ARTÍCULO 53. INFORME ACADÉMICO ANUAL**

Cada año, el Director del Programa deberá confeccionar un Informe del año académico anterior, el que será presentado al Comité Académico según lo establecido en el Artículo 42, letra e) del presente reglamento y Artículos 40 y 41 del Reglamento General de Postgrado

**ARTÍCULO 54.**

La información contenida en el Informe Académico Anual deberá incluir al menos:

- Resultados y conclusiones del proceso de aseguramiento de la calidad.
- Número de estudiantes seleccionados, retirados y graduados en las últimas 5 cohortes.
- Actividades curriculares y extracurriculares realizadas durante el año académico en curso, con los respectivos profesores responsables.
- Incorporaciones y/o retiros de profesores del Programa en cualquiera de sus categorías.
- Informe de ingresos y gastos realizados durante el año en curso y comparación con el presupuesto aprobado para tal año.

**ARTÍCULO 55. PRESUPUESTO ANUAL**

Cada año, el Director del Programa deberá confeccionar el Presupuesto para el año académico siguiente, el que deberá ser presentado al Comité Académico según lo establecido en el Artículo 42, letra f) del presente reglamento y Artículos 40 y 41 del Reglamento General de Postgrado.

**ARTÍCULO 56.**

El Presupuesto Anual deberá contener, al menos los siguientes ítems.

- Valor de matrícula y arancel del año académico en curso.
- Valor propuesto para matrícula y arancel del año académico siguiente.
- Proyección de matrícula para el año académico siguiente.
- Proyección de ingresos extra-arancel.
- Egresos proyectados por docencia.
- Egresos proyectados por asignaciones de Dirección y secretaria.
- Egresos proyectados para difusión del Programa.
- Egresos proyectados en materiales fungibles.
- Egresos proyectados en pasajes y estadía de profesores visitantes.
- Egresos proyectados en movilidad estudiantil.
- Egresos proyectados en inversiones de equipamiento y bibliográfica.
- Egresos proyectados en otros gastos.

**ARTÍCULO 57. BENEFICIOS ARANCELARIOS Y BECAS**

El Director del Programa, previo a la solicitud de nueva versión a la Escuela de Postgrado, propondrá al Comité Académico del Programa los valores de matrícula y arancel para el año siguiente, así como los eventuales beneficios arancelarios aplicables para dicho año.

**ARTÍCULO 58. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

El Programa contará con un sistema de aseguramiento de la calidad de carácter permanente. El cuál estará a cargo del Director del Programa, según lo establecido en el Artículo 49, letra e) del presente reglamento.

**ARTÍCULO 59.**

El sistema de aseguramiento de la calidad contará con un instructivo de procedimientos, tareas y plazos el que deberá ser conocido por los profesores, estudiantes y personal administrativo del Programa. Este instructivo o sus modificaciones deberá ser aprobado por el Comité Académico del Programa.

## ARTÍCULOS TRANSITORIOS

### **ARTÍCULO 1 Transitorio**

El primer Director del Programa será el responsable del proyecto de creación del Programa y tendrá una duración en el cargo de dos años.

### **ARTÍCULO 2 Transitorio**

La primera elección del Comité Académico será organizada por el Director del Programa y en ella, complementariamente, se realizará un sorteo para establecer dos miembros que tendrán una duración de un año en el cargo. Las siguientes elecciones realizarán según lo establecido en los Artículos 44 y 45 del presente reglamento.

### **ARTÍCULO 3 Transitorio**

El Director del Programa diseñará durante el primer semestre, del primer año de funcionamiento del Programa, el Instructivo de aseguramiento de la Calidad, el cual deberá ser aprobado por el Comité Académico.

### **ARTÍCULO 4 Transitorio**

El Programa se declara en estado de autoevaluación y en proceso de acreditación inmediatamente establecido el primer Comité Académico. El Programa deberá someterse a acreditación antes las autoridades correspondientes en un plazo no mayor a un año de iniciadas las actividades del Programa.

## ANEXO H.1 FORMATO DE CURRÍCULO SIMPLIFICADO CLAUSTRO

**NOMBRE: RICARDO CASTRO SANTIS**

### ESTUDIOS

ANTECEDENTES ACADÉMICOS	ÁREA DEL CONOCIMIENTO	INSTITUCIÓN	AÑO
TÍTULO PROFESIONAL	Licenciado en Matemáticas	Universidad Técnica Federico Santa María	1998
MAGÍSTER			
DOCTORADO	Dottore in Matematica	Università di Roma I, La Sapienza	2008
OTROS ESTUDIOS			

### ACTIVIDADES DOCENTES

NIVEL	ESPECIALIDAD	INSTITUCION	AÑO
PREGRADO	Asignaturas Matemáticas	UTEM UBB PUC UCh UTFSM UTEM PUCV U del Mar	2016 – 2011 – 2015 2009 – 2010 2008 2008 1999 – 2001 1999 – 2000 1994 – 1995
MAGISTER	Teoría de la Medida Procesos Estocásticos	UBB	2011 – 2015
DOCTORADO	Procesos Estocásticos	UCM	2017 – 2019
OTROS	Director de tres guías de tesis de magíster	UBB	2011 – 2015

### PUBLICACIONES

TÍTULO	TIPO DE PUBLICACION	AÑO
Population Dynamics with Density-Dependent Immigrations and Allee	SCOPUS	2018
Pulse harvesting and environmental stochasticity. Feasibility	WOS	2016
Quantum Stochastic Dynamics in Multi-photon Optics.	WOS	2014
Quantum stochastic differential equation and continual measurements.	WOS	2011

### PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE	ROL	AÑO
Contributions to Quantum Stochastic Calculus and Continual Measurements	Investigador Principal	2010
Técnicas Estocásticas en el Estudio de la Dinámica de Poblaciones	Investigador Principal	2016
Proyecto Anillo 1112 "Red de Análisis Estocástico"	Investigador Asociado	2013
Ecuaciones Diferenciales Estocásticas y Aplicaciones a la Dinámica de Poblaciones	Investigador principal	2015

## CURRÍCULO SIMPLIFICADO CLAUSTRO

**NOMBRE: Humberto Brito Santana**

### ESTUDIOS

ANTECEDENTES ACADÉMICOS	ÁREA DEL CONOCIMIENTO	INSTITUCIÓN	AÑO
TÍTULO PROFESIONAL	Licenciado en Matemáticas	Universidad de Oriente (Cuba)	1997
MAGÍSTER	Master en Ciencias Matemáticas Mención: Ecuaciones Diferenciales	Universidad de La Habana.	2009
DOCTORADO	En Ingeniería Mecánica	Universidad Jiaotong de Beijing	2015
OTROS ESTUDIOS	Dos Post-Doctorados en Ingeniería Mecánica: Materiales Compuestos	Universidad de São Paulo	2015 – 2019

### ACTIVIDADES DOCENTES

NIVEL	ESPECIALIDAD	INSTITUCIÓN	AÑO
PREGRADO	- Economía y Contabilidad	- Universidad de Camagüey	1999 – 2003 2006 – 2008
	- Ingeniero Informático	- Universidad de las Ciencias Informáticas	2003 – 2006
POSTGRADOS			
DOCTORADO			
OTROS			

### PUBLICACIONES

TÍTULO	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO
<b>H. Brito-Santana</b> , W. Yue-Sheng, R. Rodríguez-Ramos, J. Bravo-Castillero, R. Guinovart-Díaz, V. Tita. A dispersive nonlocal model for shear wave propagation in laminated composites with periodic structures. <i>European Journal of Mechanics. A, Solids</i> , Vol. 49, p. 35-48, 2015.	Artículo (WoS)	2015
<b>H. Brito-Santana</b> , W. Yue-Sheng, R. Rodríguez-Ramos, J. Bravo-Castillero, R. Guinovart-Díaz. Dispersive shear-wave propagation in a periodic layered composite with imperfect interfaces. <i>International Journal of Automotive Composites</i> , Vol. 1, p. 184-204, 2015.	Artículo (INDERSCIENCE Publisher)	2015
<b>H. Brito-Santana</b> , W. Yue-Sheng, R. Rodríguez-Ramos, J. Bravo-Castillero, R. Guinovart-Díaz, V. Tita. A Dispersive nonlocal model for in-plane wave propagation in laminated composites with periodic structures. <i>Journal of Applied Mechanics</i> , Vol. 82, p. 031006, 2015.	Artículo (WoS)	2015
<b>H. Brito-Santana</b> , R. Medeiros, R. Rodríguez-Ramos, V. Tita. Different interface models for calculating the effective properties in piezoelectric composite materials with imperfect fiber-matrix adhesion. <i>Composite Structures</i> , 151:70–80, 2016.	Artículo (WoS)	2016

R. Medeiros, <b>H. Brito-Santana</b> , R. Rodríguez-Ramos, J. Bravo-Castillero, R. Guinovart-Díaz and V. Tita. Modeling of smart piezoelectric sensors: determining effective properties with interfacial bonding conditions. In: Material Modelling: Applications, Challenges and Research, 2017:107–143, Nova Science Publisher, ISBN: 978-1-53612-192-6 (eBook), 2017.	Capítulo de libro (Nova Science Publisher)	2017
<b>H. Brito-Santana</b> , R. Medeiros, A.J. Ferreira, R.R. Ramos, V. Tita. Effective elastic properties for layered composites considering non-uniform imperfect adhesion. Applied Mathematical Modelling, 59: 183–204, 2018.	Artículo (WoS)	2018
R. Placeres-Jiménez, <b>H. Brito-Santana</b> , J.A. Eiras. Modeling ferroelectric domain wall interaction with point defects and losses: the damping function method. Journal of Physics D: Applied Physics, v. 51, p. 425303, 2018.	Artículo (WoS)	2018
M.M.S. Vilar, M. Satorato, <b>H. Brito-Santana</b> , M.R. Leite. Finite elements numerical solution to deep beams based on layer-wise displacement field. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, v. 40, p. 477, 2018.	Artículo (Scopus)	2018
<b>H. Brito-Santana</b> , J.L. Medeiros Thiesen, R. Medeiros, A.J.M. Ferreira, R. Rodríguez-Ramos, V. Tita. Multiscale analysis for predicting the constitutive tensor effective coefficients of layered composites with micro and macro failures. Applied Mathematical Modelling, 75: 821–837, 2019.	Artículo (WoS)	2019
<b>H. Brito-Santana</b> , B. G. Christoff, A.J. Ferreira, F. Lebon, R.R. Ramos, V. Tita. Delamination influence on elastic properties of laminated composites. Acta Mechanica, 230: 821–837, 2019.	Artículo (WoS)	2019
B. G. Christoff, <b>H. Brito-Santana</b> , E.L. Cardoso, J.L. Abot, V. Tita. A topology optimization approach used to assess the effect of the matrix impregnation on the effective elastic properties of a unidirectional carbon nanotube bundle composite, Materials Today: Proceedings, 8: 789–803, 2019.	Artículo (Scopus)	2019

### PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN PROYECTOS CONCURSABLES

NOMBRE	ROL	ANO
Calculation of effective properties for composite materials reinforced by structural and piezoelectric fibers. Institution: National Council for Scientific and Technological Development (CNPq process number: 502265/2014-0 and 168279/2014-2). Period: 2015-2016.	Investigador	2015
Predicting and monitoring damage in composite structures. Institution: National Council for Scientific and Technological Development (CNPq process number: 401170/2014-4 and 310094/2015-1) and Coordination for the Improvement of the Higher Level Personnel (CAPES/PNPD). Period: 2016-2019	Investigador	2016

## CURRÍCULO SIMPLIFICADO CLAUSTRO

**NOMBRE: Mauricio Felipe Tejo Arriagada**

### ESTUDIOS

ANTECEDENTES ACADÉMICOS	ÁREA DEL CONOCIMIENTO	INSTITUCIÓN	AÑO
TÍTULO PROFESIONAL	Ingeniero Estadístico	Universidad de Playa Ancha	2006
MAGÍSTER	Magister en Estadística	Universidad de Valparaíso	2009
DOCTORADO	Doctor en Estadística	Pontificia Universidad Católica de Chile	2013
OTROS ESTUDIOS			

### ACTIVIDADES DOCENTES

NIVEL	ESPECIALIDAD	INSTITUCIÓN	AÑO
PREGRADO	Estadística	Universidad de Playa Ancha	2016
PREGRADO	Matemática	Universidad Tecnológica Metropolitana	2019
DOCTORADO	Estadística y Procesos Estocásticos	Universidad de Playa Ancha	2017 – 2018
OTROS			

### PUBLICACIONES

TÍTULO	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO
Theoretical models of reaction times arising from simple-choice tasks	ISI	2019
Fatigue-life distributions for reaction time data	ISI	2018
Manipulating the Alpha Level Cannot Cure Significance Testing	ISI	2018
Single species dynamics under climate change	ISI	2017
The membrane potential process of a single neuron seen as a cumulative damage process	ISI	2016
Modeling neural activity with cumulative damage distributions	ISI	2015
<u>Stochastic nonlinear equations describing the mesoscopic voltage-gated ion channels</u>	SCOPUS	2015
Modeling Search Patterns in Species: A Brief Survey of Mathematical Methods	ResearcherID Thomson Reuters	2016
What is the distribution of species richness?	Invited Book Chapter. In: Unsolved Problems in Ecology, Dobson A., Tilman, D. & Holt, R. D. (Eds). Princeton University Press.	In press

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN PROYECTOS CONCURSABLES**

<b>NOMBRE</b>	<b>ROL</b>	<b>AÑO</b>
Proyecto Regular FONDECYT 1161023 2016	Co-Investigador	2017
Proyecto Regular DGI 2016, Universidad de Playa Ancha	Investigador Principal	2017
Proyecto Postdoctorado 2014, FONDECYT 3140613	Investigador Responsable	2013

## CURRÍCULO SIMPLIFICADO CLAUSTRO

**NOMBRE: Manuel Camilo Arenas Carmona.**

### ESTUDIOS

ANTECEDENTES ACADÉMICOS	ÁREA DEL CONOCIMIENTO	INSTITUCIÓN	AÑO
TÍTULO PROFESIONAL	Licenciado en Ciencias mención matemáticas.	Universidad de Chile	2001
MAGÍSTER			
DOCTORADO	Doctor en Ciencias mención matemáticas.	Universidad de Chile	2005
OTROS ESTUDIOS			

### ACTIVIDADES DOCENTES

NIVEL	ESPECIALIDAD	INSTITUCIÓN	AÑO
PREGRADO	Cursos de Matemáticas básicas y avanzadas	Universidad de Chile	2006-2018
POSTGRADOS	Curso de Álgebra Para Magister y Doctorado.	Universidad de Chile Universidad Católica Universidad de Santiago	2015
DOCTORADO			
OTROS			

### PUBLICACIONES

TÍTULO	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO
On optimal embedding and trees	WOS	2018
On simple completely reducible modules over $sl_2(F)$ .	Scopus	2015
Birrepresentations in a locally nilpotent variety	Scielo	2014

### PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN PROYECTOS CONCURSABLES

NOMBRE	ROL	AÑO
FONDECYT Regular: Representations, Wedderburn decomposition and Solvability of commutative algebras with an identity of degree four	Co-investigador	2017-2020
FONDECYT Regular Structure and representations of commutative nonassociative algebras with an identity of degree four	Co-investigador	2012-2016

### CURRÍCULO SIMPLIFICADO CLAUSTRO

**NOMBRE: FABIO LIMA LOPES**

#### ESTUDIOS

ANTECEDENTES ACADÉMICOS	ÁREA DEL CONOCIMIENTO	INSTITUCIÓN	AÑO
TÍTULO PROFESIONAL	Economía	Universidade de Sao Paulo (Brasil)	2008
MAGÍSTER	Estadística	Universidade de Sao Paulo (Brasil)	2010
DOCTORADO	Estadística Matemática	Universidad de Estocolmo (Suecia)	2014
OTROS ESTUDIOS			

#### ACTIVIDADES DOCENTES

NIVEL	ESPECIALIDAD	INSTITUCION	AÑO
PREGRADO	Estadística (Inferencia, Diseño de Experimentos, Seminario, Trabajo de Graduación)	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV)	2018
	Matemática (Ecuaciones Diferenciales, Métodos Numéricos, Calculo II, Cálculo Integral, Álgebra )	Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM)	2019
POSTGRADOS	Estadística (Taller de Aplicaciones, Supervisión de tesis)	Magíster de Estadística (PUCV)	2018
	Probability Theory III	Universidad de Estocolmo	2013
DOCTORADO			
OTROS			

#### PUBLICACIONES

TÍTULO	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO
A spatial epidemic model with site contamination. <i>Markov Processes and Related Fields</i> , vol 24, Issue 1, 25-38	ISI	2018
Epidemics on a weighted network with tunable degree-degree correlation. <i>Mathematical Biosciences</i> , vol 253, July , 40-49.	ISI	2014
Invariant bipartite graphs in <i>Rd</i> . <i>Journal of Applied Probability</i> , vol 51, No. 3, 769-779.	ISI	2014

#### PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN PROYECTOS CONCURSABLES

NOMBRE	ROL	AÑO
Proyecto Postdoctorado FONDECYT "Stochastic epidemic models with competition: convergence, extinction times and quasi-stationarity.	Investigador Responsable	2016-2018

### CURRÍCULO SIMPLIFICADO CLAUSTRO

**NOMBRE:** Daniel Enrique Sepúlveda Oehninger

#### ESTUDIOS

ANTECEDENTES ACADÉMICOS	ÁREA DEL CONOCIMIENTO	INSTITUCIÓN	AÑO
TÍTULO PROFESIONAL	Profesor de Matemática mención Estadística Educacional	Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación	2005
MAGÍSTER	Magister en ciencias, matemática	Universidad de Chile	2009
DOCTORADO	Doctor en ciencias, matemática	Universidad de Chile	2016
OTROS ESTUDIOS			

#### ACTIVIDADES DOCENTES

NIVEL	ESPECIALIDAD	INSTITUCIÓN	AÑO
PREGRADO	Matemática	UTEM	2018 a la fecha
PREGRADO	Matemática	USACH	2016 a 2018
PREGRADO	Matemática	UCEN	2011 a 2017
OTROS			

#### PUBLICACIONES

TÍTULO	TIPO DE PUBLICACIÓN	AÑO
Exponential periodic attractor of impulsive Hopfield-type neural network system with piecewise constant argument	WOS	2018
Dichotomies and asymptotic equivalence in alternately advanced and delayed differential systems	WOS	2017
ALMOST AUTOMORPHIC DELAYED DIFFERENTIAL EQUATIONS AND LASOTA-WAZEWSKA MODEL	WOS	2017
Approximation of Solutions of Fractional-Order Delayed Cellular Neural Network on $[0, \infty)$	WOS	2017
Weighted pseudo almost periodic functions, convolutions and abstract integral equations	WOS	2016

#### PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN PROYECTOS CONCURSABLES

NOMBRE	ROL	AÑO
Aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales con desvíos por medio de argumento constante a trozos	Investigador Principal	2014

**ANEXO I.1: FORMATO PROGRAMA DE ASIGNATURA**

**PROGRAMA DE ASIGNATURA**

**I. IDENTIFICACIÓN**

1.1	Nombre	<b>ECOLOGÍA MATEMÁTICA</b>					
1.2	Código	POSB8010	Tipo de asignatura		Obligatoria		
1.3	Requisito	Ingreso					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad		Presencial		
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Especialización					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio		8207		

**II. DESCRIPCIÓN**

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el primer semestre y que pertenece al Ciclo de Especialización.

Se presenta la formulación de modelos populares en ecología matemática, principalmente en dinámica de poblaciones, haciendo uso de ecuaciones de diferencia, ecuaciones diferenciales y teoría de la probabilidad. Este curso hará hincapié tanto en el análisis cualitativo del proceso de modelación como en sus aspectos teóricos. Los modelos clásicos de movimiento y dinámica de poblaciones analizados en este curso son derivados desde primeros principios y bajo el concepto de sistemas abiertos.

**III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO**

La asignatura está relacionada con el perfil de egreso a través de sus logros de aprendizaje, los que tributan al dominio "Matemática Aplicada" por medio de la competencia "Propone un Modelo matemático para responder a un problema de un determinado sistema biológico, a partir de las hipótesis y herramientas matemáticas pertinente". Además, tributa al dominio "Biomatemática" por medio de la competencia "Propone mecanismos causales a fenomenologías biológicas que integran conocimiento matemático y biológico".

#### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<p><b>CP1:</b> Propone un Modelo matemático para responder a un problema de un determinado sistema biológico, a partir de las hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes</p>	<p>Propone las hipótesis que son susceptibles de modelar matemáticamente que responden a problemas biológicos</p> <p>Decide las herramientas matemáticas más adecuadas para abordar el problema en base a las hipótesis biológicas planteadas.</p> <p>Construye un modelo matemático en base a las hipótesis y las herramientas adecuadas para abordar el problema biológico planteado.</p>	
<p><b>CP2:</b> Propone mecanismos causales a fenomenologías biológicas que integran conocimiento matemático y biológico</p>	<p>Interpreta resultados matemáticos abstractos en una situación biológica concreta.</p> <p>Reconoce causalidades de fenomenologías biológicas.</p> <p>Infiere nuevas fenomenologías biológicas a partir de determinados modelos matemáticos.</p>	<p>Pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, de carácter individual.</p> <p>Desarrollo de trabajo de aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral.</p>
<p><b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.</p>	<p>Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.</p> <p>Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.</p>	<p>Exposición oral (mínimo 20%)</p>
<p><b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyecto.</p>	<p>Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.</p>	

## V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Introducción	Se introduce al alumno en conceptos básicos de riqueza y abundancia de especies, y dinámica de poblaciones. Además se introduce al alumno en el proceso de modelamiento, tanto determinista como estocástico, a partir de primeros principios.	6	9
2	Modelos deterministas a tiempo discreto	Se estudian algunos modelos a tiempo discreto en dinámica de poblaciones.	18	27
3	Modelos deterministas a tiempo continuo	Se estudian principalmente algunos tipos de ecuaciones diferenciales que suelen utilizarse como modelos de dinámica de poblaciones a tiempo continuo.	24	36
4	Modelos estocásticos	En esta unidad se estudian modelos estocásticos a tiempo discreto y continuos y su aplicación en dinámica de poblaciones. Estos modelos se tratarán desde la visión de los sistemas abiertos.	24	36

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

La metodología de la asignatura consta de:

- Clases expositivas- participativas desarrolladas a partir de lectura especializada o discusión de los temas de estudio de la asignatura.
- Desarrollo de trabajo práctico individual o grupal.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

### Básica:

1. Gerda de Vries, Thomas Hillen, Mark Lewis, Johannes Müller & Birgitt Schönfisch (2006). "A Course in Mathematical Biology".
2. SIAM.Kot, M. (2001). "Elements of Mathematical Ecology". Cambridge University Press.

### Complementaria:

1. Goel, N. S., & Richter-Dyn, N. (2016). Stochastic models in biology. Academic Press, New York.
2. Hofbauer, J. & Sigmund, K. (2002). Evolutionary Games and Population Dynamics.

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>MODELAMIENTO DIFERENCIAL</b>					
1.2	Código	POSB8011	Tipo de asignatura	Obligatoria			
1.3	Requisito	Ingreso					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad	Presencial			
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller 7	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Especialidad					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio	8207			

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el primer semestre y que pertenece al Ciclo de Especialización.

En esta asignatura el estudiante desarrollará competencias relacionadas con los modelos deterministas y a tiempo continuos y discretos que son usados en biomatemática. Distintos métodos matemáticos para el estudio de modelos en biomatemática son abordados, principalmente, ecuaciones diferenciales ordinarias, sistemas dinámicos y ecuaciones de difusión, con aplicaciones que incluyen modelos para dinámicas de población, formación de patrones entre otros. Se pone énfasis en determinar el comportamiento cualitativo de las soluciones más que en las soluciones explícitas o aproximaciones numéricas.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura está relacionada con el perfil de egreso a través de sus logros de aprendizaje, los que tributan al dominio "Matemática Aplicada", por medio de la competencia "Analiza el buen planteamiento de modelos matemáticos para discriminar sobre su correcta utilización. Además, por medio de la competencia "Resuelve interrogantes y conjeturas sobre sistemas biológicos, a través de determinar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de modelos matemáticos".

#### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<p><b>CP1:</b> Analiza el buen planteamiento de modelos matemáticos para discriminar sobre su correcta utilización.</p>	<p>Demuestra existencia y unicidad de un modelo matemático planteado.</p> <p>Analiza estabilidad de las soluciones de un modelo matemático.</p>	<p>Pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, de carácter individual.</p>
<p><b>CP2:</b> Resuelve interrogantes y conjeturas sobre sistemas biológicos, a través de determinar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de modelos matemáticos.</p>	<p>Determina el análisis asintótico de soluciones de un modelo matemático.</p> <p>Clasifica estados de equilibrio de un sistema biológico en estudio.</p> <p>Resuelve valores del sistema biológico a partir de las variables explicativas.</p>	
<p><b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.</p>	<p>Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.</p> <p>Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.</p>	<p>Desarrollo de trabajo de aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral.</p>
<p><b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyecto.</p>	<p>Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.</p>	<p>Exposición oral (mínimo 20%)</p>

## V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Introducción	Ecuaciones autónomas de primer orden. Obtención de soluciones explícitas. Análisis cualitativos de E.D.O de primer orden. Análisis cualitativos de E.D.O de primera orden periódica.	4	6
2	Fundamentos de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	Existencia y unicidad con y sin la condición de Lipschitz. Algunas propiedades globales de las soluciones.	8	12
3	Sistemas Dinámicos	3.1 Sistemas dinámicos continuos: Flujos, evolución y puntos fijos de un sistema. Análisis de estabilidad lineal. Análisis de flujo en una dimensión. Sistemas dinámicos conservativos y disipativos. Ciclos límites y atractores. 3.2 Sistemas dinámicos discretos: Mapas y flujos. Órbitas, retrato de fases y puntos fijos. Estabilidad e inestabilidad de puntos fijos. Análisis de estabilidad lineal.	16	24
4	Plano de sistemas autónomos y linealización	El plano de fase general. Aproximación lineal en puntos de equilibrio. La solución general de los sistemas lineales autónomos planos. Las trayectorias de fase de los sistemas lineales autónomos lineales. Escalado en el diagrama de fase para un sistema autónomo lineal.	16	24
5	Teoría de Liapunov	Número de orden y estabilidad exponencial. Ecuaciones diferenciales con lados homogéneos a la derecha. El comportamiento de estabilidad de las ecuaciones diferenciales lineales. Los números de orden de una ecuación diferencial lineal.	12	18
6	Ecuaciones de Difusión	Modelos de morfogénesis y formación de patrones. Condiciones límite desestabilizadoras. Problemas de Dirichlet no lineales. El modelo Gierer-Meinhardt. El modelo clásico de competición. El modelo Lotk-Volterra. Frentes itinerantes y pulso. Procesos de ramificación con difusión.	16	24

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

La metodología de la asignatura consta de:

- Clases expositivas- participativas desarrolladas a partir de lectura especializada o discusión de los temas de estudio de la asignatura.
- Desarrollo de trabajo práctico individual o grupal.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

### **Básica:**

1. Burton, T. A. (2014). *Stability & Periodic Solutions of Ordinary & Functional Differential Equations*. Courier Corporation
2. Smith, H. L., & Waltman, P. (1995). *The theory of the chemostat: dynamics of microbial competition* (Vol. 13). Cambridge university press.

### **Complementaria:**

1. Iannelli, M. (Ed.). (2011). *Mathematics of Biology: Lectures given at a Summer School of the Centro Internazionale Matematico Estivo (CIME) held in Cortona (Arezzo), Italy, June 18-30, 1979* (Vol. 80). Springer Science & Business Media.
2. Jordan, D.W. and Smith P. (2007). *Nonlinear Ordinary Differential Equations. An introduction for Scientists and Engineers*. Oxford University press, Fourth edition.

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>MODELAMIENTO ESTOCÁSTICO</b>					
1.2	Código	POSB8012	Tipo de asignatura		Obligatoria		
1.3	Requisito	Ingreso					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad		Presencial		
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Especialidad					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio		8207		

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el primer semestre y que pertenece al Ciclo de Especialización.

La asignatura de Modelamiento Estocástico tiene el objetivo de desarrollar competencias específicas, por parte de los estudiantes, en el análisis, estudio y modelación de fenómenos con comportamiento aleatorio.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura está relacionada con el perfil de egreso a través de sus logros de aprendizaje, los que tributan al dominio "Matemática Aplicada", por medio de la competencia "Analiza el buen planteamiento de modelos matemáticos para discriminar sobre su correcta utilización", además, por medio de la competencia "Resuelve interrogantes y conjeturas sobre sistemas biológicos, a través de determinar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de modelos matemáticos".

#### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<p><b>CP1:</b> Analiza el buen planteamiento de modelos matemáticos para discriminar sobre su correcta utilización.</p>	<p>Demuestra existencia y unicidad de un modelo matemático planteado.</p> <p>Analiza estabilidad de las soluciones de un modelo matemático.</p>	
<p><b>CP2:</b> Resuelve interrogantes y conjeturas sobre sistemas biológicos, a través de determinar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de modelos matemáticos.</p>	<p>Determina el análisis asintótico de soluciones de un modelo matemático.</p> <p>Clasifica estados de equilibrio de un sistema biológico en estudio.</p> <p>Resuelve valores del sistema biológico a partir de las variables explicativas.</p>	<p>Pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, de carácter individual.</p>
<p><b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.</p>	<p>Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.</p> <p>Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.</p>	<p>Desarrollo de trabajo de aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral.</p>
<p><b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyecto.</p>	<p>Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.</p>	<p>Exposición oral (mínimo 20%)</p>

## V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Espacios de Probabilidad	$\sigma$ -álgebra. Medida de probabilidad. Independencia.	12	18
2	Variables Aleatorias	Variables aleatorias y función de distribución. Distribuciones discretas y continuas.	12	18
3	Vector Aleatorio	Vector aleatorio. Distribución y densidad conjunta. Distribución marginal y condicional.	12	18
4	Procesos Estocásticos	Definición Procesos a tiempo discreto. Procesos a tiempo continuo.	8	12
5	Cadenas de Markov	Matriz de transición y Clasificación de estados. Forma canónica y clasificación de Cadenas. Distribuciones límite y estacionarias.	16	24
6	Movimiento Browniano	Núcleo de transición y Propiedades trayectoriales. Movimiento Browniano multidimensional.	12	18

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

La metodología de la asignatura consta de:

- Clases expositivas- participativas desarrolladas a partir de lectura especializada o discusión de los temas de estudio de la asignatura.
- Desarrollo de trabajo práctico individual o grupal.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

### Básica:

1. Beig, R., Ehlers, J., & Frisch, U. (2000). *Stochastic Processes in Physics, Chemistry, and Biology*. Springer Berlin Heidelberg.

### Complementaria:

1. Øksendal, B. (2003). Stochastic differential equations. In *Stochastic differential equations* (pp. 65-84). Springer, Berlin, Heidelberg.
2. Bartlett, M. S. (1960). *Stochastic population models; in ecology and epidemiology* (No. 04; QA273. 18, B37.).

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>EPIDEMIOLOGÍA MATEMÁTICA</b>					
1.2	Código	POSB8020	Tipo de asignatura		Obligatoria		
1.3	Requisito	Ingreso					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad		Presencial		
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Especialidad					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio		8207		

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el segundo semestre y que pertenece al Ciclo de Especialización.

La asignatura de Epidemiología Matemática tiene el objetivo de desarrollar competencias específicas, por parte de los estudiantes, en el análisis, estudio y modelación matemática de la difusión y control de enfermedades infecciosas en poblaciones.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura está relacionada con el perfil de egreso a través de sus logros de aprendizaje, los que tributan al dominio Dominio "Matemática Aplicada", por medio de la competencia "Propone un Modelo matemático para responder a un problema de un determinado sistema biológico, a partir de las hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes". Además, tributan al dominio "Biomatemática", por medio de la competencia "Propone mecanismos causales a fenomenologías biológicas que integran conocimiento matemático y biológico".

#### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<p><b>CP1:</b> Propone un Modelo matemático para responder a un problema de un determinado sistema biológico, a partir de las hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes.</p>	<p>Propone las hipótesis que son susceptibles de modelar matemáticamente que responden a problemas biológicos</p> <p>Decide las herramientas matemáticas más adecuadas para abordar el problema en base a las hipótesis biológicas planteadas.</p> <p>Construye un modelo matemático en base a las hipótesis y las herramientas adecuadas para abordar el problema biológico planteado.</p>	
<p><b>CP2:</b> Propone mecanismos causales a fenomenologías biológicas que integran conocimiento matemático y biológico</p>	<p>Interpreta resultados matemáticos abstractos en una situación biológica concreta.</p> <p>Reconoce causalidades de fenomenologías biológicas.</p> <p>Infiere nuevas fenomenologías biológicas a partir de determinados modelos matemáticos.</p>	<p>Pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, de carácter individual.</p> <p>Desarrollo de trabajo de aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral.</p>
<p><b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.</p>	<p>Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.</p> <p>Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.</p> <p>Proyecta una imagen comunicacional convincente para desempeñarse en el ámbito social y profesional.</p>	<p>Exposición oral (mínimo 20%)</p>
<p><b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyecto.</p>	<p>Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.</p>	

## V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Elementos de epidemiología	Epidemiología. Clasificación de enfermedades. Conceptos básicos de epidemiología de las enfermedades infecciosas.	4	6
2	Introducción al modelamiento de epidemias	Modelos compartimentales con ecuaciones diferenciales. Número Básico de Reproducción $R_0$ . Modelo SIR Kermack-McKendrick. Modelo SIS. Modelo SIR con demografía.	8	12
3	Modelos epidémicos deterministas más complejos	Heterogeneidades y sub-poblaciones. Métodos para computar el número básico de reproducción $R_0$ . Modelo SEIR. Modelo SIRS. Modelos con múltiples patógenos. Modelos con transmisión por vectores.	18	27
5	Ajuste de modelos deterministas	Mínimos cuadrados. Validación de modelos. Criterio de selección AIC. Aplicaciones y ejemplos reales.	6	9
6	Modelos para medidas de prevención y contención	Estructura de grupos de riesgo. Vacunación. <i>Contact tracing</i> . Cuarentena. Aplicaciones y ejemplos reales.	6	9
7	Modelos SIR con dinámica estocástica	Modelamiento estocástico versus determinista. Modelos SIR Markovianos. Acoplamiento. Teorema del umbral estocástico.	12	18
8	Convergencia de Cadenas de Markov Density Dependent en epidemiología matemática.	Cadena de Markov Density Dependent y su convergencia. Ley de los grandes números. Teorema del límite central. Aplicaciones en epidemiología matemática.	8	12
9	Modelos epidémicos estocásticos más complejos	Modelo SIR estocástico en poblaciones heterogéneas. Modelo SIR estocástico con demografía. Modelo SIS estocástico.	10	15

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

La metodología de la asignatura consta de:

- Clases expositivas- participativas desarrolladas a partir de lectura especializada o discusión de los temas de estudio de la asignatura.
- Desarrollo de trabajo práctico individual o grupal.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

### **Básica:**

1. Andersson, H. y Britton, T.: (2000), *Stochastic Epidemic Models and Their Statistical Analysis*, Lecture Notes in Statistics, Springer.
2. Prepublicación disponible en el sitio del autor T. Britton <http://staff.math.su.se/tom.britton/newmain.pdf> revisado en 29/07/2019.
3. [Martcheva, Maia: (2015), *An Introduction to Mathematical Epidemiology*, Texts in Applied Mathematics, Springer.

### **Complementaria:**

1. Brauer, F. y Castillo-Chavez, C.: (2012), *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*, Texts in Applied Mathematics, Springer, 2ª edición.
2. Diekmann, O., Heesterbeek, H. y Britton, T.: (2013), *Mathematical Tools for Understanding Infectious Disease Dynamics*, Princeton Series in Theoretical and Computational Biology, Princeton University Press.
3. Keeling, M. J. y Rohani, P.: (2008), *Modeling Infectious Diseases in Human and Animals*, Princeton University Press.

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>MODELAMIENTO MATRICIAL</b>					
1.2	Código	POSB8021	Tipo de asignatura		Obligatoria		
1.3	Requisito	Ingreso					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad		Presencial		
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Especialidad					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio		8207		

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el segundo semestre y que pertenece al Ciclo de Especialización.

El objetivo del presente curso es darle al estudiante las herramientas de álgebra lineal y teoría de matrices que le permitan modelar procesos que evolucionan en tiempo discreto, entendiendo su funcionamiento, realizando predicciones sobre su evolución y su comportamiento asintótico al tender el parámetro temporal a infinito.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura está relacionada con el perfil de egreso a través de sus logros de aprendizaje, los que tributan al dominio "Matemática Aplicada", por medio de la competencia "Analiza el buen planteamiento de modelos matemáticos para discriminar sobre su correcta utilización", además, por medio de la competencia "Resuelve interrogantes y conjeturas sobre sistemas biológicos, a través de determinar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de modelos matemáticos".

#### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<p><b>CP1:</b> Analiza el buen planteamiento de modelos matemáticos para discriminar sobre su correcta utilización.</p>	<p>Demuestra existencia y unicidad de un modelo matemático planteado.</p> <p>Analiza estabilidad de las soluciones de un modelo matemático.</p>	
<p><b>CP2:</b> Resuelve interrogantes y conjeturas sobre sistemas biológicos, a través de determinar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de modelos matemáticos.</p>	<p>Determina el análisis asintótico de soluciones de un modelo matemático.</p> <p>Clasifica estados de equilibrio de un sistema biológico en estudio.</p> <p>Resuelve valores del sistema biológico a partir de las variables explicativas.</p>	<p>Pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, de carácter individual.</p>
<p><b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.</p>	<p>Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.</p> <p>Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.</p>	<p>Desarrollo de trabajo de aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral.</p>
<p><b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinares para el logro de los objetivos del proyecto.</p>	<p>Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.</p>	<p>Exposición oral (mínimo 20%)</p>

## V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Vectores y Matrices.	Repaso de conceptos fundamentales de Álgebra Lineal: Vectores, Matrices Espacios Vectoriales, Funciones Lineales. Núcleo e Imagen. Bases, Matrices de coordenadas.	10	15
2	Diagonalización	Vectores y valores propios. Diagonalización de Matrices. Cálculo de potencias. Métodos Numéricos: Métodos de las potencias normalizada. Teoremas fundamentales.	14	21
3	Primeras Aplicaciones	Código de detección de errores. Programación Lineal. Regresión Lineal. Teoría de estabilidad de sistemas de ecuaciones lineales. Agrupamiento de datos.	10	15
4	Flujos	Introducción a Grafos. Matriz de incidencia de un grafo. Grafos con peso y su matriz asociada.	14	21
5	Modelos Matriciales	Modelos lineales de tiempo discreto. Cadenas de Markov. Modelos de Población. Aplicaciones a la genética. Matrices de Leslie. Modelo de Leftkovitch. Modelo Lotka-Volterra Discreto.	24	36

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

La metodología de la asignatura consta de:

- Clases expositivas- participativas desarrolladas a partir de lectura especializada o discusión de los temas de estudio de la asignatura.
- Desarrollo de trabajo práctico individual o grupal.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. N. Bacaër, "A Short History of Mathematical population Dynamics", Springer-Verlag London Limited 2011, ISBN 978-0-85729-114-1 e-ISBN 978-0-85729-115-8 DOI 10.1007/978-0-85729-115-8 Springer London Dordrecht Heidelberg New York .
2. P Cull, M. Flahive, R. Robson, "Difference equation, From Rabbits to Chaos", Undergraduate texts in mathematics, Springer 2005, ISBN 0-387-23234-6.
3. Caicedo, R.M. Méndez, G. Wagner, "Introducción a la teoría de Grafos", Ediciones Elizcom 2010. ISBN: 978-958-99325-7-5.

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>MODELAMIENTO NUMÉRICO</b>					
1.2	Código	POSB8022	Tipo de asignatura		Obligatoria		
1.3	Requisito	Modelamiento Diferencial – Modelamiento Estocástico					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad		Presencial		
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Especialidad					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio		8207		

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el segundo semestre y que pertenece al Ciclo de Especialización. Los requisitos para cursarlo son Modelamiento Diferencial y Modelamiento Estocástico.

En esta asignatura el alumno desarrollará competencias para resolver problemas derivados de la biomatemática, aplicando métodos numéricos para aproximar soluciones de problemas derivados de las ecuaciones diferenciales ordinarias, de las ecuaciones en derivadas parciales, en el uso de matrices y estimación de parámetros de ecuaciones diferenciales. Además el curso cuenta con unidades de programación básica e intermedia y el uso de librerías que les serán de utilidad en demás asignaturas del programa y en el desarrollo de la tesis.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura está relacionada con el perfil de egreso a través de sus logros de aprendizaje, los que tributan al dominio “Matemática Aplicada”, por medio de la competencia “Conjetura el comportamiento de sistemas biológicos a través de la simulación computacional de modelos matemáticos”.

#### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<p><b>CP1:</b> Conjetura el comportamiento de sistemas biológicos a través de la simulación computacional de modelos matemáticos</p>	<p>Programa computacionalmente modelos matemáticos, aplicado en el campo de la biología.</p> <p>Infiere valores de un sistema biológico a partir de un determinado conjunto de parámetros.</p> <p>Conjetura propiedades que le permiten inferir comportamiento de sistemas biológicos</p>	<p>Pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, de carácter individual.</p>
<p><b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.</p>	<p>Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.</p> <p>Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.</p>	<p>Desarrollo de trabajo de aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral.</p>
<p><b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyecto.</p>	<p>Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.</p>	<p>Exposición oral (mínimo 20%)</p>

## V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Introducción a los métodos numéricos	Repaso de los métodos numéricos para: Resolver ecuaciones y sistemas de ecuaciones no lineales. Ajuste de curvas mediante polinomios y trazadores cúbicos. Suavizamiento de datos. Derivación e integración numérica. Sistemas de ecuaciones lineales. Normas matriciales. Determinación de valores y vectores propios. Descomposición PALU Diagonalización de matrices Métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales con valor inicial y valores en la frontera.	16	24
2	Programación Básica	Programación básica. Asignación de variables Tipo de variables. Objetos, vectores, listas. Generación de secuencias. Operadores y funciones. Arreglos y matrices. Operaciones con arreglos y matrices. Gráficas. Tipos de gráficas. Librerías gráficas.	12	18
3	Programación intermedia	Tipo de bucles. Uso de bucles. Anidación de bucles. Control de ejecución. Vectorización de programas. Generación de funciones. Uso de librerías. Bases de datos. Uso de base de datos. Convertir bases de datos entre formatos. Importación e exportación de base de datos Interfaces entre programas.	12	18
3	Ajuste lineal y no lineal. Estimación de parámetros.	Método de Newton para estimar parámetros. Estimación por máximo descenso. Método de Gauss- Newton. Método de Levenberg Marquardt.	12	18
4	Aplicación a ecuaciones diferenciales	Algoritmos de resolución numérica de Ecuaciones diferenciales. Métodos de Runge Kutta. Estimación de parámetros usando Runge Kutta y Gauss Newton.	12	18
5	Procesos Estocásticos	Simulación de cadenas de Markov. Paseos aleatorios Generación de trayectorias de procesos.	8	12

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

La metodología de la asignatura consta de:

- Clases expositivas- participativas desarrolladas a partir de lectura especializada o discusión de los temas de estudio de la asignatura.
- Desarrollo de trabajo práctico individual o grupal.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

### **Básica:**

1. Burden, R. L., & Faires, J. D. (2002). *Análisis numérico*. Thomson Learning, 8 ed.
2. Cheney, W & Kincaid, D. (2011) *Métodos Numéricos y computación*. Ed. Cengage.

### **Complementaria:**

1. González, A, & González S, (2000). *Introducción a R. Un entorno de programación para análisis de datos y gráficos*. Madrid, R Development Core Team.
2. Banks, R (1994) *Growth and diffusion Phenomena. Mathematical Frameworks and Applications*, USA, Spinger Verlag.

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>BIOTECNOLOGÍA MATEMÁTICA</b>					
1.2	Código	POSB8030	Tipo de asignatura	Obligatoria			
1.3	Requisito	Ingreso					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad	Presencial			
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Especialidad					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio	8207			

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el tercer semestre y que pertenece al Ciclo de Especialización. El requisito para cursar es el ingreso.

La asignatura de Biotecnología Matemática tiene el objetivo de desarrollar competencias específicas, por parte de los estudiantes, en el análisis, estudio y modelación matemática de sistemas biotecnológicos como quimiostatos y otros.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura está relacionada con el perfil de egreso a través de sus logros de aprendizaje, los que tributan al dominio "Matemática Aplicada", por medio de la competencia "Propone un Modelo matemático para responder a un problema de un determinado sistema biológico, a partir de las hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes". Además, tributan al dominio "Biomatemática", por medio de la competencia "Propone mecanismos causales a fenomenologías biológicas que integran conocimiento matemático y biológico".

#### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<p><b>CP1:</b> Propone un Modelo matemático para responder a un problema de un determinado sistema biológico, a partir de las hipótesis y herramientas matemáticas pertinentes.</p>	<p>Propone las hipótesis que son susceptibles de modelar matemáticamente que responden a problemas biológicos</p> <p>Decide las herramientas matemáticas más adecuadas para abordar el problema en base a las hipótesis biológicas planteadas.</p> <p>Construye un modelo matemático en base a las hipótesis y las herramientas adecuadas para abordar el problema biológico planteado.</p>	
<p><b>CP2:</b> Propone mecanismos causales a fenomenologías biológicas que integran conocimiento matemático y biológico.</p>	<p>Interpreta resultados matemáticos abstractos en una situación biológica concreta.</p> <p>Reconoce causalidades de fenomenologías biológicas.</p> <p>Infiere nuevas fenomenologías biológicas a partir de determinados modelos matemáticos..</p>	<p>Pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, de carácter individual.</p> <p>Desarrollo de trabajo de aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral.</p>
<p><b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.</p>	<p>Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.</p> <p>Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.</p>	<p>Exposición oral (mínimo 20%)</p>
<p><b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinares para el logro de los objetivos del proyecto.</p>	<p>Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.</p>	

## V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Biorreactores y Quimiostatos	Modelos de crecimiento microbianos; Monod, Andrews, Aiba, Shode, Nagatani, etc. Estudio analítico y cualitativo del crecimiento microbiano. Introducción a los biorreactores; funcionamiento y tipos. Modelamiento y simulaciones.	24	36
2	Biomateriales	Introducción a las propiedades de la materia y sus estados. Modelamiento de la transformación de materiales: Dilatación, torsión, flexión, etc. Introducción a los biomateriales Modelamiento y simulación.	24	36
3	Bioinformática	Introducción a la teoría de la comunicación e información. Canales de información en sistemas biológicos. Funcionamiento de dispositivos bioinformáticos. Modelamiento y simulación.	24	36

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

La metodología de la asignatura consta de:

- Clases expositivas- participativas desarrolladas a partir de lectura especializada o discusión de los temas de estudio de la asignatura.
- Desarrollo de trabajo práctico individual o grupal.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

### Básica:

1. Bastin, G. (2013). On-line estimation and adaptive control of bioreactors (Vol. 1). Elsevier.

### Complementaria:

1. Kawase, Y., & Moo-Young, M. (1990). Mathematical models for design of bioreactors: Applications of: Kolmogoroff's theory of isotropic turbulence. The Chemical Engineering Journal, 43(1), B19-B41.

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>ELECTIVO AVANZADO I</b>					
1.2	Código	POSB8031	Tipo de asignatura		Obligatoria		
1.3	Requisito	Modelamiento Numérico – Modelamiento Matricial					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad		Presencial		
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Graduación					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio		8207		

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el tercer semestre y que pertenece al Ciclo de Graduación. Los requisitos para cursarlo son Modelamiento Matriciales y Modelamiento Numérico.

En esta asignatura se profundiza un área específica del modelamiento matemático de sistemas biológicos, dependiendo del conocimiento necesario para el desarrollo de la tesis de cada estudiante.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura está relacionada con el perfil de egreso a través de sus logros de aprendizaje, los que tributan al dominio “Biomatemática”, por medio de la competencia “Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental”.

#### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<b>CP1:</b> Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental..	Diseña metodologías para enfrentar problemas biológicos a través de la utilización de heurísticas.  Propone procedimientos factibles de ser aplicados experimentalmente en problemas biológicos.	Pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, de carácter individual.  Desarrollo de trabajo de aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral.  Exposición oral (mínimo 20%)
<b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.	Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.  Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.	
<b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyecto.	Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.	

#### V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Dependiente de cada electivo	Dependientes de cada electivo	72	108

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

La metodología de la asignatura consta de:

- Clases expositivas- participativas desarrolladas a partir de lectura especializada o discusión de los temas de estudio de la asignatura.
- Desarrollo de trabajo práctico individual o grupal.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

**Básica:**

- Dependiente de cada electivo.

**Complementaria:**

- Dependiente de cada electivo.

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>PROYECTO DE TESIS</b>					
1.2	Código	POSB8032	Tipo de asignatura		Obligatoria		
1.3	Requisito	Ecología Matemática – Epidemiología Matemática Modelamiento Matricial – Modelamiento Numérico					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad		Presencial		
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo Graduación					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio		8207		

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el tercer semestre y que pertenece al Ciclo de Graduación. Los requisitos para cursarlo son Ecología Matemática, Epidemiología Matemática, Modelamiento Matricial y Modelamiento Numérico.

En esta asignatura el estudiante desarrollará competencias relacionadas con la metodología y la formulación de proyectos de investigación en biomatemática. En este curso se abordará el planteamiento del problema, desarrollo de perspectiva teórica, alcance de la investigación, formulación de hipótesis, y diseño de la investigación. Se pone énfasis en desarrollar la formulación de proyectos de investigación sustentados en la metodología de la investigación y en las teorías desarrolladas en al menos tres asignaturas del ciclo de especialización, los que serán integrados en el proyecto de investigación.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura contribuye al desarrollo del dominio de “Competencias Genéricas”, a través de sus logros de aprendizaje, por medio de la competencia “Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores,” además, por medio de la competencia “Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyecto”. Además, tributa al dominio de “Biomatemática” a través de la competencia “Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental.

### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<b>CP1:</b> Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental.	Diseña metodologías para enfrentar problemas biológicos a través de la utilización de heurísticas.  Propone procedimientos factibles de ser aplicados experimentalmente en problemas biológicos.	Desarrollo de proyecto de tesis individual, de duración semestral.
<b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.	Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.  Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.	Entrega de informes de avance del proyecto de tesis.
<b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyectos.	Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.	Exposiciones orales de avance del proyecto de tesis.

## V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

N°	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Sistemas de búsqueda bibliográfica en Matemática.	Principales bases de datos de artículos científicos. Criterios de búsqueda y selección. Indicadores bibliométricos.	6	9
2	Escribiendo matemática con LaTeX.	Comandos básicos en LaTeX. Composición de artículos en LaTeX. Composición de presentaciones en LaTeX.	6	9
3	Elaboración de Proyecto de Investigación. Metodología Plan de trabajo	Marco teórico y estado del arte: Revisar la literatura, Uso de bases de datos de artículos científicos, Detectar la literatura pertinente, Extraer y recopilar la información de interés, Construir el marco teórico.  Objetivos, hipótesis y pregunta de investigación: Establecer los objetivos y/ o desarrollar las preguntas de investigación, Justificar la investigación. Analizar la conveniencia de formular hipótesis que orienten la investigación, Formular las hipótesis de la investigación.  Metodología: Caracterice el método que utilizará para abordar los objetivos; considerando todos los aspectos metodológicos: muestra, técnicas y procedimientos para la recolección de información, tipo y procedimientos de análisis, entre otros.  Plan de trabajo	60	90

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

Aprendizaje basado en proyectos.

Seminarios de discusión bibliográfica para el análisis de publicaciones científicas recientes en el área de biomatemática.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

### **Básica:**

- Hernández, R., Fernández C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.

### **Complementaria:**

- <https://qmplus.qmul.ac.uk/course/view.php?id=4491> (Revisado 30/07/2019)

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>ELECTIVO AVANZADO II</b>					
1.2	Código	POSB8040	Tipo de asignatura		Obligatoria		
1.3	Requisito	Electivo Avanzado I					
1.4	SCT-Chile	5	Modalidad		Presencial		
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		4	-	-	6	10	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Graduación					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio		8207		

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el tercer semestre y que pertenece al Ciclo de Graduación. El requisito para cursarlo es Electivo Avanzado I.

En esta asignatura se profundiza un área específica del modelamiento matemático de sistemas biológicos, dependiendo del conocimiento necesario para el desarrollo de la tesis de cada estudiante.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura está relacionada con el perfil de egreso a través de sus logros de aprendizaje, los que tributan al dominio "Biomatemática", por medio de la competencia "Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental".

#### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<b>CP1:</b> Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental..	Diseña metodologías para enfrentar problemas biológicos a través de la utilización de heurísticas.  Propone procedimientos factibles de ser aplicados experimentalmente en problemas biológicos.	Pruebas parciales escritas de conocimientos específicos, de carácter individual.
<b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.	Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.  Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.	Desarrollo de trabajo de aplicación en el campo de estudio, de carácter individual o grupal, de duración semestral.
<b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyecto.	Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.	Exposición oral (mínimo 20%)

#### V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
1	Dependiente de cada electivo	Dependientes de cada electivo	72	108

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

La metodología de la asignatura consta de:

- Clases expositivas- participativas desarrolladas a partir de lectura especializada o discusión de los temas de estudio de la asignatura.
- Desarrollo de trabajo práctico individual o grupal.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

**Básica:**

- Dependiente de cada electivo.

**Complementaria:**

- Dependiente de cada electivo.

## PROGRAMA DE ASIGNATURA

### I. IDENTIFICACIÓN

1.1	Nombre	<b>TESIS</b>					
1.2	Código	POST8041	Tipo de asignatura		Obligatoria		
1.3	Requisito	Proyecto de Tesis - Electivo Avanzado II					
1.4	SCT-Chile	10	Modalidad		Presencial		
1.5	Horas Pedagógicas Semanales	Aula			Extra aula	Horas totales	Régimen
		Teoría	Taller	Laboratorio			
		-	-	-	20	20	Semestral
1.6	Ciclo o Programa de Formación	Ciclo de Graduación					
1.7	Departamento	Escuela de Postgrado					
1.8	Vigencia desde		Código Plan de Estudio		8207		

### II. DESCRIPCIÓN

Asignatura obligatoria, de carácter teórica, que se imparte en el cuarto semestre y que pertenece al Ciclo de Graduación. Los requisitos para cursarlo son Electivo Avanzado I y Proyecto de Tesis.

En esta asignatura el estudiante desarrollará competencias relacionadas con la metodología y la ejecución de proyectos de investigación en biomatemática. Corresponde a la actividad final y se abordará el desarrollo de la investigación que otorgará el grado del programa. Se pone énfasis en:

- 1) la ejecución del plan de trabajo,
- 2) las habilidades de comunicación efectiva de los resultados de la investigación.
- 3) En la integración de la metodología de la investigación y las teorías desarrolladas en asignaturas del ciclo de especialización.

### III. RELACIÓN DE LA ASIGNATURA CON EL PERFIL DE EGRESO

La asignatura contribuye al desarrollo del dominio de “Competencias Genéricas”, a través de sus logros de aprendizaje, por medio de la competencia “Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores,” además, por medio de la competencia “Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyecto”. Además, tributa al dominio de “Biomatemática” a través de la competencia “Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental.

### IV. LOGROS DE APRENDIZAJES

Tipo de Competencia	Logros de aprendizaje	Procedimiento y/o Herramienta de Evaluación
<b>CP1:</b> Construye heurísticas que permitan la aplicación de metodologías, procedimientos y técnicas de biología experimental.	Diseña metodologías para enfrentar problemas biológicos a través de la utilización de heurísticas.  Propone procedimientos factibles de ser aplicados experimentalmente en problemas biológicos.	Desarrollo de tesis individual, de duración semestral.
<b>CG1:</b> Diseña discursos orales y escritos relacionados con su ámbito profesional, seleccionando estrategias que permitan comunicarse de manera efectiva con sus receptores.	Argumenta en forma oral y escrita demostrando habilidades de comunicación efectiva para desenvolverse en diversos contextos y con distintos receptores.  Construye discursos orales y escritos utilizando elementos de la comunicación efectiva de acuerdo al contexto y los receptores con los que interactúa.	Entrega de informes de avance.  Exposiciones orales de avance.  Informe escrito final de la tesis, la que será evaluada por la comisión evaluadora.
<b>CG2:</b> Propone estrategias de trabajo colaborativo en el ámbito de su profesión, promoviendo la participación de equipos multidisciplinarios para el logro de los objetivos del proyectos.	Diseña estrategias de trabajo colaborativo, considerando las acciones, logros, puntos críticos y productos a realizar para optimizar sus resultados.	Defensa oral de la tesis frente a la comisión evaluadora.

## V. UNIDADES DE APRENDIZAJE

Nº	Unidades de Aprendizaje	Contenidos Fundamentales	Total Horas Aula	Total Horas Extra Aula
		Desarrollo tema de tesis		360

## VI. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

Trabajo autónomo dirigido por un profesor guía.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

### Básica:

- Bibliografía propia del tema de tesis.

### Complementaria:

- Hernández, R., Fernández C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
- <https://qplus.qmul.ac.uk/course/view.php?id=4491> (Revisado 30/07/2019)

## Certificado HCS aprueba modificaciones Mg. Biomatemática

7 mensajes

**Mario Torres Alcayaga** <mtorres@utem.cl>

2 de febrero de 2024, 12:16

Para: Pablo Cañon Thomas <pcanon@utem.cl>, Dirección Jurídica <djuridica@utem.cl>

Estimado Sr, Director, adjunto certificado y antecedentes de la aprobación del HCS de las modificaciones al Mg. en Biomatemática.

Atentamente

--



**Mario Ernesto Torres Alcayaga**

**Secretario General**

Universidad Tecnológica Metropolitana

Dieciocho 161, Santiago - Chile

(+56 2) 27877547 - 27877548

[www.utem.cl](http://www.utem.cl)



### 16 adjuntos

- 06 Certif C.S. MODIFICACIÓN BIOMATEMÁTICA.pdf**  
169K
- 4,. Magíster en Biomatemática.xlsx**  
35K
- 5.- Respuestas a Observaciones desde la VRAC (1).pdf**  
125K
- 2.- Propuesta\_ Innovación Curricular de Programa Postgrado Magister Biomatemática.pdf**  
336K
- 6.- Certificado Consejo de Postgrado\_ Modificación\_ Plan de Estudios\_ Mg. Biomatemática\_ 2024.pdf**  
139K
- 7,. Certificado Consejo de Postgrado\_ Dictación\_ Mg. Biomatemática\_ 2024.pdf**  
139K
- 3.- Rediseño-Innovación Curricular.pptx**  
1250K
- 1.- Formulario de Creación\_ Mg Biomatemática-31012024 (1).pdf**  
1265K
- 8.- 13 CERT.C.ACAD APROBACIÓN DE MODIFICACIONES MAG. BIO MATEMÁTICA.pdf**  
164K
- MEMO N°04 SEC. GRAL. APROBACION PROGS. POSTGRADO ANTE CONS. ACADEMICO.pdf**  
116K
- 9.- 06 Certif C.S. MODIFICACIÓN BIOMATEMÁTICA.pdf**  
169K
- MEMO N°05 SEC. GRAL. APROBACION PROGS. POSTGRADO ANTE CONS. ACADEMICO.pdf**  
119K

-  **MEMO N°20 post grado Nw.pdf**  
325K
-  **MEMO N°39- 24 \_ VRAC\_ Solicitud de dictación MAG. BIOMATEMATICA.pdf**  
233K
-  **MEMO N°40- 24 \_ VRAC\_ Solicitud de Modificacion Plan de Estudios MAG. BIOMATEMATICA.pdf**  
224K
-  **RES\_2033\_DE2020\_Aprueba\_Magíster en Biomatemática\_completa.PDF**  
9553K

---

**Dirección Jurídica** <djuridica@utem.cl>

26 de febrero de 2024, 10:32

Para: Ana Victoria Godoy Godoy <agodoy@utem.cl>

Cc: Maria Eliana Igor Leon <migor@utem.cl>, Paula Pinto Puga <paula.pinto@utem.cl>

Estimada Ana, por favor proceder.

ATTE, Ana.

[El texto citado está oculto]

---

### 16 adjuntos

-  **06 Certif C.S. MODIFICACIÓN BIOMATEMÁTICA.pdf**  
169K
-  **4.,. Magíster en Biomatemática.xlsx**  
35K
-  **5.- Respuestas a Observaciones desde la VRAC (1).pdf**  
125K
-  **2.- Propuesta\_ Innovación Curricular de Programa Postgrado Magister Biomatemática.pdf**  
336K
-  **6.- Certificado Consejo de Postgrado\_ Modificación\_ Plan de Estudios\_ Mg. Biomatemática\_2024.pdf**  
139K
-  **7.,. Certificado Consejo de Postgrado\_ Dictación\_ Mg. Biomatemática\_2024.pdf**  
139K
-  **3.- Rediseño-Innovación Curricular.pptx**  
1250K
-  **1.- Formulario de Creación\_ Mg Biomatemática-31012024 (1).pdf**  
1265K
-  **8.- 13 CERT.C.ACAD APROBACIÓN DE MODIFICACIONES MAG. BIO MATEMÁTICA.pdf**  
164K
-  **MEMO N°04 SEC. GRAL. APROBACION PROGS. POSTGRADO ANTE CONS. ACADEMICO.pdf**  
116K
-  **9.- 06 Certif C.S. MODIFICACIÓN BIOMATEMÁTICA.pdf**  
169K
-  **MEMO N°05 SEC. GRAL. APROBACION PROGS. POSTGRADO ANTE CONS. ACADEMICO.pdf**  
119K
-  **MEMO N°20 post grado Nw.pdf**  
325K
-  **MEMO N°39- 24 \_ VRAC\_ Solicitud de dictación MAG. BIOMATEMATICA.pdf**  
233K
-  **MEMO N°40- 24 \_ VRAC\_ Solicitud de Modificacion Plan de Estudios MAG. BIOMATEMATICA.pdf**  
224K

 **RES\_2033\_DE2020\_Aprueba\_Magíster en Biomatemática\_completa.PDF**  
9553K

**Dirección Jurídica** <djuridica@utem.cl>  
Para: Jorge Eduardo Rodriguez Becerra <jorge.rodriguez@utem.cl>

28 de febrero de 2024, 11:04

Estimado Director, buen día.

Respecto de la solicitud del Secretario General, referente a la confección de resolución de modificación del plan de estudios y reglamento interno del Mg en Biomatemática, y dado que usted participó de este proceso, le consulto cuáles son las modificaciones concretas que se incorporan y que requieren ser plasmadas en el correspondiente acto administrativo.

De antemano le agradezco.

Saludos cordiales,

----- Forwarded message -----

De: **Mario Torres Alcayaga** <mtorres@utem.cl>

Date: vie, 2 feb 2024 a las 12:17

Subject: Certificado HCS aprueba modificaciones Mg. Biomatemática

To: Pablo Cañon Thomas <pcanon@utem.cl>, Dirección Jurídica <djuridica@utem.cl>

[El texto citado está oculto]

#### 16 adjuntos

-  **06 Certif C.S. MODIFICACIÓN BIOMATEMÁTICA.pdf**  
169K
-  **4,. Magíster en Biomatemática.xlsx**  
35K
-  **5.- Respuestas a Observaciones desde la VRAC (1).pdf**  
125K
-  **2.- Propuesta\_ Innovación Curricular de Programa Postgrado Magister Biomatemática.pdf**  
336K
-  **6.- Certificado Consejo de Postgrado\_ Modificación\_Plan de Estudios\_ Mg. Biomatemática\_2024.pdf**  
139K
-  **7,. Certificado Consejo de Postgrado\_ Dictación\_ Mg. Biomatemática\_2024.pdf**  
139K
-  **3.- Rediseño-Innovación Curricular.pptx**  
1250K
-  **1.- Formulario de Creación\_ Mg Biomatemática-31012024 (1).pdf**  
1265K
-  **8.- 13 CERT.C.ACAD APROBACIÓN DE MODIFICACIONES MAG. BIO MATEMÁTICA.pdf**  
164K
-  **MEMO N°04 SEC. GRAL. APROBACION PROGS. POSTGRADO ANTE CONS. ACADEMICO.pdf**  
116K
-  **9.- 06 Certif C.S. MODIFICACIÓN BIOMATEMÁTICA.pdf**  
169K
-  **MEMO N°05 SEC. GRAL. APROBACION PROGS. POSTGRADO ANTE CONS. ACADEMICO.pdf**  
119K
-  **MEMO N°20 post grado Nw.pdf**  
325K

 **MEMO N°39- 24 \_ VRAC\_ Solicitud de dictación MAG. BIOMATEMATICA.pdf**  
233K

 **MEMO N°40- 24 \_ VRAC\_ Solicitud de Modificacion Plan de Estudios MAG. BIOMATEMATICA.pdf**  
224K

 **RES\_2033\_DE2020\_Aprueba\_Magíster en Biomatemática\_completa.PDF**  
9553K

---

**Jorge Eduardo Rodríguez Becerra** <jorge.rodriguez@utem.cl>  
Para: Dirección Jurídica <djuridica@utem.cl>

4 de marzo de 2024, 9:58

Estimada Dirección Jurídica,

Buen día, debido a la cantidad de modificaciones consideradas en el documento completo de plan de estudios, considero que sería mejor reemplazar el plan de estudios y reglamento internos anteriores por los nuevos, dado que esta es la documentación que revisaron los consejos. Le agradeceré informarme si es posible.

Me quedo atenta a sus comentarios,

Saludos,

**Dr. Jorge Rodríguez-Becerra**

**Postgraduate Director**

Universidad Tecnológica Metropolitana

Avda. Dieciocho #145 - Santiago

[www.postgrado.utem.cl](http://www.postgrado.utem.cl)

---

Physical & Analytical Chemistry Group Leader

[LUMAT Journal](#); [Frontiers in Education](#); [Education Sciences](#) - Editorials Team member

[ORCID ID: 0000-0003-1496-8410](#); [Google Scholar](#)

Nota: Es posible que Ud. reciba este mensaje en horarios no laborales. Conteste sólo en horario laboral.

[El texto citado está oculto]

---

**Dirección Jurídica** <djuridica@utem.cl>  
Para: Ana Victoria Godoy Godoy <agodoy@utem.cl>

4 de marzo de 2024, 16:01

[El texto citado está oculto]

---

**Dirección Jurídica** <djuridica@utem.cl>  
Para: Jorge Eduardo Rodríguez Becerra <jorge.rodriguez@utem.cl>

4 de marzo de 2024, 16:40

Estimado Director, para uno u otro caso, se requiere saber con certeza cuál es el contenido del nuevo plan de estudio y reglamento interno, pues no me queda claro al revisar los documentos acompañados en el correo. Por aquello, le pido enviar documentos de plan de estudio y reglamento para el magister. De antemano le agradezco su ayuda,

Saludos cordiales,

[El texto citado está oculto]

**Jorge Eduardo Rodríguez Becerra** <jorge.rodriguez@utem.cl>  
Para: Dirección Jurídica <djuridica@utem.cl>  
Cc: Escuela de Postgrado <escuela.postgrado@utem.cl>

7 de marzo de 2024, 12:15

Estimada Dirección Jurídica,

Buen día, adjunto envío un documento con precisiones conforme a lo solicitado. Adicionalmente, individualizado el documento que contiene todo el rediseño del plan de estudios (se encuentra en lo enviado por el secretario general), el cual fue aprobado por los respectivos cuerpos colegiados.

Me quedo atento a sus comentarios,

Saludos,

**Dr. Jorge Rodríguez-Becerra**

Postgraduate Director

Universidad Tecnológica Metropolitana

Avda. Dieciocho #145 - Santiago

[www.postgrado.utem.cl](http://www.postgrado.utem.cl)

---

Physical & Analytical Chemistry Group Leader

LUMAT Journal; [Frontiers in Education](#); [Education Sciences](#) - Editorials Team member

ORCID ID: [0000-0003-1496-8410](#); [Google Scholar](#)

Nota: Es posible que Ud. reciba este mensaje en horarios no laborales. Conteste sólo en horario laboral.

[El texto citado está oculto]

---

## 2 adjuntos

 **Modificación Resolución 02033 del 2020\_Rev.JR.pdf**  
204K

 **1.- Formulario de Creación\_Mg Biomatemática-31012024 (1).pdf**  
1265K