



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Teléfono 614-7800 Anexos 211-212 Fax 614-7116 Email: secgeneral@lamolina.edu.pe Apartado 12-056 Lima-Perú

La Molina, 28 de enero de 2021
TR. N° 0015-2021-CU-UNALM

Señor

Presente.-

Con fecha 28 de enero de 2021, se ha expedido la siguiente resolución:

"RESOLUCIÓN N° 0015-2021-CU-UNALM.- La Molina, 28 de enero de 2021.
CONSIDERANDO: Que, el Artículo 43° de la Ley Universitaria N° 30220 establece el mínimo de créditos en los programas de estudio conducentes a la obtención de los Grados de Maestría (48 créditos) y Doctorado (64 créditos); Que, mediante Resolución EPG N° 590/2020, la Escuela de Posgrado aprueba el Plan de Estudios del Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería Biológicas; Que, mediante Dictamen N° 05/2021 CAA, de fecha 19 de enero de 2021, la Comisión de Asuntos Académicos del Consejo Universitario, recomienda al Consejo Universitario ratificar la Resolución de la Escuela de Posgrado que aprueba el Plan de Estudios del Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería Biológicas; Que, de conformidad con lo establecido en el artículo 310°, literal a) del Reglamento General de la UNALM y, estando a lo acordado por el Consejo Universitario en sesión ordinaria de la fecha; **SE RESUELVE: ARTÍCULO 1°.-** Aprobar el Dictamen N° 05/2021 CAA que dispone ratificar la Resolución EPG N° 590/2020 de la Escuela de Posgrado y aprobar el Plan de Estudios del Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería Biológicas, que consta de veintinueve (29) folios y que forma parte de la presente resolución. **ARTÍCULO 2°.-** La entrada en vigencia del Plan de Estudios del Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería Biológicas, será a partir del semestre académico 2020-II. Regístrese, comuníquese y archívese. - Fdo.- Vilma Elvira Gómez Galarza.- Rectora(e).- Fdo.- Jorge Pedro Calderón Velásquez.- Secretario General.- Sellos del Rectorado y de la Secretaría General de la Universidad Nacional Agraria La Molina". Lo que cumpla con poner en su conocimiento.

Atentamente,




SECRETARIO GENERAL

C.C.: OCI,VR.ACAD,EPG,OERA

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	ESCUELA DE POSGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	

Plan de Estudios

Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería Biológicas

VERSIÓN	DOCUMENTO DE APROBACIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN

Resolución No. 0015-2021-CU-UNALM

ELABORADO/MODIFICADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	RATIFICADO POR
Fecha: 03/11/2020	Fecha: 15/12/2020	Fecha: 17/12/2020	Fecha:
Sello y Firma	Sello y Firma	RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL DIRECTORIO DE LA ESCUELA DE POSGRADO	RESOLUCIÓN DE RATIFICACIÓN DEL CONSEJO UNIVERSITARIO DE LA UNALM
Ph.D. Gretty Villena Chavez	Ph.D. Sergio Pacsi Valdivia	DIRECTORIO de la Escuela de Posgrado de la UNALM	CONSEJO UNIVERSITARIO de la UNALM
COORDINADORA del Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería Biológicas	DIRECTOR de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias		

CONTENIDO

I.	PRESENTACIÓN DEL PDCIB	1
II.	PERFIL DE INGRESO	6
III.	OBJETIVOS EDUCACIONALES	7
IV.	ESTRUCTURA CURRICULAR	9
V.	MALLA CURRICULAR	11
VI.	CRITERIOS Y ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE	17
VII.	CRITERIOS Y ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN	19
VIII.	CRITERIOS Y ESTRATEGIAS DE TITULACIÓN	21
IX.	PERFIL DE EGRESO	22
X.	SUMILLAS DE LOS CURSOS	24

I. PRESENTACIÓN

El Perú es un país con una gran diversidad de recursos naturales y, sin embargo, con un alto índice de pobreza, que trata de enfrentar los retos de desarrollarse social y económicamente en un mundo globalizado. Es un país que necesita que sus sectores productivos sean capaces de competir en el mercado mundial para ofrecer puestos de trabajo y generar riqueza. La competitividad productiva requiere, sin embargo, una necesaria innovación y ésta, a su vez, de una entrada muy significativa de ciencia y de tecnología.

Las Ciencias e Ingeniería Biológicas son dos aspectos de un mismo conocimiento que toma las entidades biológicas de la biodiversidad en todas sus dimensiones para la consecución de un desarrollo competitivo y sostenible.

La biodiversidad en el Perú es una de las más ricas del mundo y constituye una ventaja comparativa que es vital transformar en ventaja competitiva. Respecto al Perú, la megadiversidad biológica es una característica que identifica a este país, sea que se considere a nivel genético, específico, ecosistémico o cultural. Constituye una fuente de recursos potenciales que es imprescindible manejar y, sin embargo, a pesar de su innegable importancia, está incluso insuficientemente evaluada, pues no se ha podido medirla adecuadamente, ni menos evaluar sus variaciones como consecuencia de los impactos que sobre ella causan las actividades humanas.

La diversidad como recurso, no ha sido todavía puesta en valor de modo suficientemente adecuado, lo que hace que sea más bien un recurso potencial, de limitada capacidad para resolver problemas. Si bien existen varias alternativas para el uso económico y sostenido de la biodiversidad en el Perú, la *Bioteología* constituye una de las tecnologías más atractivas y ambientalmente amigables que debería ser aplicada para darle el valor agregado necesario para aumentar la rentabilidad. Complementariamente, la Ingeniería Biológica es una especialidad dedicada al desarrollo económico de procesos celulares y moleculares con la

finalidad de producir bienes y servicios. Dentro del amplio campo de la Biotecnología, la Ingeniería Biológica tiene el papel fundamental de llevar a una función productiva los procesos biológicos desarrollados por células, sus partes o sus componentes enzimáticos, basándose en el análisis, optimización y escalamiento de estos, a la vez que contribuye con promover un entorno ambiental limpio. Es dentro de este esquema de generación tecnológica que pueden surgir los *procesos biotecnológicos* mediante los cuales la biodiversidad puede constituirse en un motor de desarrollo competitivo y sostenible.

Una de las mayores deficiencias que dificultan la innovación y la competitividad, así como la posibilidad futura de desarrollo es la carencia de recursos humanos calificados. Igualmente, deficientes son la inversión en investigación y el número y nivel de las investigaciones. Sin embargo, y a pesar de los problemas mencionados, la Universidad Nacional Agraria La Molina es el centro académico peruano en donde primero se inició y continúa la investigación en biotecnología y donde se conducen estudios de pregrado en estas áreas.

En este sentido, el Programa ***Doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas (PDCIB)***, basado en los recursos humanos, infraestructura y experiencia en investigación de los Profesores del Departamento de Biología, Profesores Invitados de otros Departamentos de la UNALM, y Profesores Visitantes de Universidades del Extranjero ofrece los estudios conducentes al grado de doctor denominado *Doctoris Philosophiae* (Ph.D.).

El Programa Doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas, PDCIB, fue aprobado por la UNALM el 31 de diciembre del 2002 como un homenaje por el Centenario de la UNALM mediante Resolución N° 729-202-UNALM e inició sus actividades en marzo del año 2003, en concordancia con los Artículos 84 y 94 del Estatuto de la UNALM, el Reglamento General de la UNALM (Artículos 8, 9, 12, 125 y 140) y la Ley Universitaria 23733, con un programa de estudios de 48 créditos.

La primera adecuación curricular ocurrió cuando el 9 de Julio de 2014 se dio la promulgación de la nueva Ley Universitaria N° 30220, que en sus artículos 43 y 45 establece que los

programas de doctorado deben completar un mínimo de sesenta y cuatro (64) créditos con una duración mínima de seis (06) semestres académicos que se mantienen hasta la actualidad.

En el año 2020 y en concordancia y cumplimiento del Reglamento Vigente de la EPG, que considera la inclusión de cursos obligatorios de acuerdo con el artículo 172, se ha elaborado una segunda adecuación curricular que entrará en vigencia partir del semestre 2020-II.

II. PERFIL DE INGRESO

El postulante al PDCIB debe ser un profesional con grado de maestría en ciencias biológicas, ciencias ambientales, ciencias naturales, o áreas relacionados a la biología, ingenierías, biotecnología o afines, que demuestre una excelente capacidad de análisis y que cuente con competencias para la investigación científica, siendo capaz de encontrar soluciones a problemas experimentales y logísticos, así como de ser proactivo en la adquisición de conocimientos relacionados al tema de investigación.

Deberá desempeñarse en trabajo en equipo y establecerá una estrecha coordinación que genere una transferencia directa de conocimientos y de experiencia del Asesor y de un plantel multidisciplinario de profesores del PDCIB.

Al momento de la postulación, el estudiante debe acreditar suficiencia en el idioma inglés para leer y analizar literatura científica y para atender cursos dictados profesores extranjeros visitantes.

Finalmente, se busca que el estudiante del PDCIB mantenga un interés constante por la superación personal que le permitan lograr metas propuestas para alcanzar el grado de doctor denominado *Doctoris Philosophiae* (Ph.D)

III. Objetivos educativos

El PDCIB tiene como objetivo principal la formación de alto nivel de investigadores y profesionales preparados para la generación de conocimiento científico en las diversas áreas de las ciencias biológicas, capaces de contribuir a la solución de los problemas de gestión de recursos naturales y de utilizar la ingeniería biológica para el desarrollo, adaptación e innovación tecnológica:

- a) que permita el uso económico y ambientalmente seguro de la biodiversidad;
- b) que incentive el desarrollo competitivo de la agroindustria nacional;
- c) que contribuya a la conservación del medio ambiente;
- d) que participe en el establecimiento y operación de empresas basadas en el conocimiento de frontera.

Para ello lograr esto, el egresado del PDCIB:

- Será capaz de contribuir a la generación de conocimiento científico de frontera en diversas áreas de las ciencias.
- Utilizará los conocimientos adquiridos para el desarrollo, adaptación e innovación tecnológica.
- Será capaz de formular, implementar, controlar, supervisar y evaluar proyectos de investigación científica e innovación tecnológica relacionados al uso racional y ambientalmente seguro de la biodiversidad.
- Sera capaz de participar en el establecimiento y operación de empresas basadas en el conocimiento científico
- Podrá ampliar su experiencia en investigación a través de estancias post doctorales a nivel nacional e internacional.
- Asumirá con éxito nuevos retos profesionales que impliquen la actualización continua de conocimientos y habilidades adicionales o complementarias a las adquiridas durante

su formación doctoral.

- Será líder y trabajará en equipos profesionales multidisciplinarios promoviendo la comunicación y participación de sus integrantes con el fin de mejorar el desempeño.
- Su desempeño profesional y/o de investigación marcado por un comportamiento responsable y ético.

IV. ESTRUCTURA CURRICULAR

El programa de estudios del PDCIB es de tipo teórico-práctico bajo un sistema de currículo rígido con una duración de seis semestres académicos (36 meses) y cursos lectivos de Nivel 8000 debido a que la Ley establece el pre-requisito de la Maestría.

Por disposición señalada en el artículo 103, inciso i, del Reglamento de la EPG - UNALM el plan de estudios consta de dos tipos de cursos: Cursos obligatorios y cursos electivos.

La estructura del Plan de estudios del PDCIB es la siguiente:

Cuadro 1. Estructura curricular y distribución de creditaje del PDCIB

Cursos Obligatorios	40 créditos
CC8XXX Metodología de Investigación Científica Doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas	2-0-2
CC8XXX Proyecto de tesis doctoral en Ciencias e ingeniería Biológicas	2-0-2
CC8004 Investigación Doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas	30 créditos
CC8002 Ingeniería Biológica	3 -0-3
CC8001 Biodiversidad Global	3 -0-3
Cursos electivos*	24 créditos

El PDCIB incluye un amplio campo de estudio y áreas de especialización basadas en las fortalezas investigativas de los actuales profesores y de los profesores invitados y visitantes que se incorporan al programa.

Las Líneas generales de Investigación están enmarcadas en el campo de la Ingeniería Biológica y Biotecnología.

En este sentido, los 24 cursos electivos se distribuyen en cursos de formación científica general como Teoría de la Biología, así como cursos orientados por la especialidad y cursos convergentes que otorgan herramientas de formación en investigación que

incluyen: Fundamentos de estadística, Seminarios, Bioinformática y Redacción Científica especializada.

La oferta de cursos electivos del PDCIB se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Cursos electivos ofrecidos por el PDCIB para formación básica, formación complementaria y formación especializada

Cursos Electivos	Hasta 24 créditos
Cursos Electivos de formación	18 créditos
CC8000 Teoría de la Biología	2-0-2
CC8XXX Fundamentos de Estadística	1-2-2
CC8003 Seminario de Investigación I	1-0-1
CC8015 Seminario de Investigación II	1-0-1
CC8XXX Seminario avanzado de redacción científica	1-2-2
CC8007 Genética Molecular e Ingeniería Genética en Vegetales Superiores	3 -0-3
CC8008 Ingeniería de Extracción y Purificación de Metabolitos.	2-0-2
CC8009 Simulación y Optimización de Procesos Biotecnológicos.	3-0-3
CC8056 Bioinformática Básica	1-2-2
CC8058 Bioinformática aplicada al análisis ómico y visualización molecular	1-2-2
Electivos libres	Hasta 6 créditos
CC8011 Biología Molecular de las Interacciones Planta y Microorganismo	2 -0-2
CC8039 Genómica Funcional Microbiana	2-1-2
CC8038 Bioprospección Molecular	2-1-2
CC8014 Sistemas Biológicos de Tratamiento de Aguas Residuales	1-0-1
CC8012 Productos Secundarios de Cultivos de Tejidos Vegetales	1-0-1
CC8013 Política Ambiental y Legislación en América Latina.	1-0-1
CC8016 Diversidad Molecular Microbiana.	1-0-1
CC8XXX Fundamentos de Estadística	1-2-2

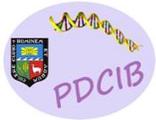
Los cursos electivos libres no se programan de forma regular ni en todos los semestres. Su programación se realiza en función a la orientación y temas de tesis de los estudiantes.

V. MALLA CURRICULAR

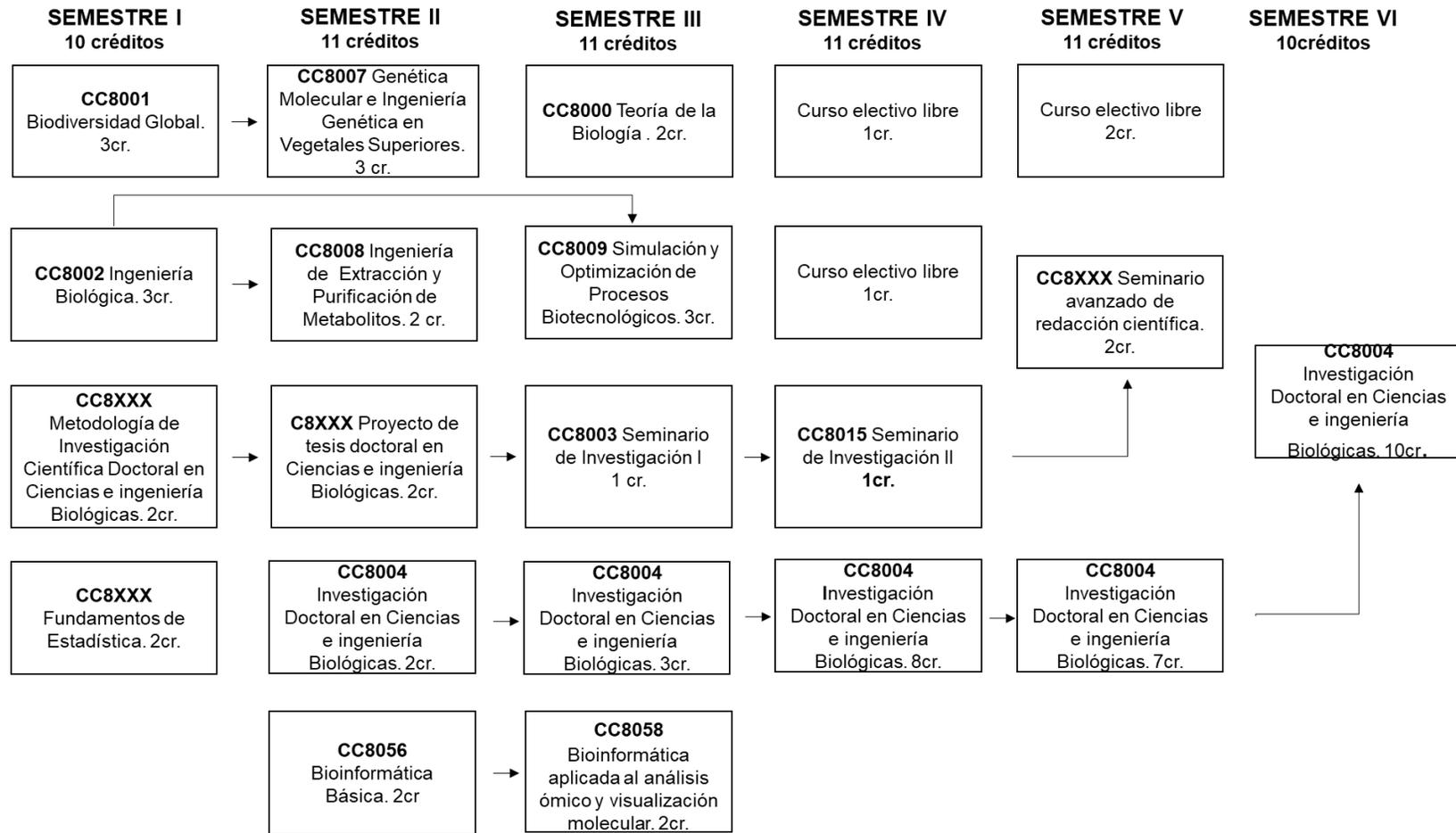
5.1. Secuencia del Programa de estudios del PDCIB

Semestre I (10 créditos)		
Curso	Créditos (T-P-C)	Pre-requisitos
CC8001 Biodiversidad Global	3-0-3	Ninguno
CC8002 Ingeniería Biológica	3-0-3	Ninguno
CC8XXX Metodología de Investigación Científica doctoral en Ciencias e ingeniería Biológicas	2-0-2	Ninguno
CC8XXX Fundamentos de Estadística	1-2-2	Ninguno
Semestre II (12 créditos)		
CC8007 Genética Molecular e Ingeniería Genética en Vegetales Superiores	3-0-3	CC8001, CC8002
CC8008 Ingeniería de Extracción y Purificación de Metabolitos	2-0-2	CC8002
CC8XXX Proyecto de tesis doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas	2-0-2	CC8XXX (Metodología de investigación científica doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas)
CC8004 Investigación Doctoral en Ciencias e ingeniería Biológicas	2 cr.	Aprobación del Asesor de tesis
CC8056 Bioinformática Básica	1-2-2	Ninguno
Semestre III (12 créditos)		
CC8009 Simulación y Optimización de Procesos Biotecnológicos	3-0-3	CC8002, CC8XXX (Fundamentos de Estadística)
CC8003 Seminario de Investigación I	1-0-1	CC8XXX (Proyecto de tesis doctoral en Ciencias e ingeniería Biológicas)
CC8000 Teoría de la Biología	2-0-2	Ninguno

CC8058 Bioinformática aplicada al análisis ómico y visualización molecular	1-2-2	CC8056 Bioinformática Básica
CC8004 Investigación Doctoral en Ciencias e ingeniería Biológicas	3 cr.	Aprobación del Asesor de tesis
Semestre IV (12 créditos)		
CC8015 Seminario de Investigación II	1-0-1	CC8003 Seminario de Investigación I
CC8004 Investigación Doctoral en Ciencias e ingeniería Biológicas	8 cr.	Aprobación del Asesor de tesis
Curso electivo libre	1 cr.	Ninguno
Curso electivo libre	1 cr.	Ninguno
Semestre V (11 créditos)		
CC8004 Investigación Doctoral en Ciencias e ingeniería Biológicas	7 cr.	Aprobación del Asesor de tesis
CC8XXX Seminario avanzado de redacción científica	2 cr.	CC8015 Seminario de Investigación II
Curso electivo libre	2 cr.	Ninguno
Semestre VI (10 créditos)		
CC8004 Investigación Doctoral en Ciencias e ingeniería Biológicas	10 cr.	Aprobación del Asesor de tesis
Total de créditos		64



MALLA CURRICULAR DEL PROGRAMA DOCTORAL EN CIENCIAS E INGENIERÍA BIOLÓGICAS



5.2. Profesores del PDCIB

Los profesores del PDCIB deben poseer el Grado Académico de Doctor y tener investigaciones en curso. El PDCIB cuenta con Profesores Permanentes adscritos al Departamento de Biología, Profesores Invitados de otros Departamentos de la UNALM y Profesores Visitantes procedentes de Instituciones Académicas del país y del extranjero. El PDCIB buscará incrementar la participación de un mayor número de profesores de la UNALM.

Los cursos son impartidos por profesores permanentes de diversas facultades de la UNALM adscritos al PDCIB y por profesores visitantes de acuerdo con sus especialidades.

El PDCIB tiene como política la incorporación anual de nuevos profesores visitantes que aporten tanto en el dictado de cursos como la asesoría de tesis doctorales.

Profesores permanentes

- Ana L. Aguilar Gálvez, Dr.Sc.Agronom., Facultad de Industrias Alimentarias, UNALM.
- Raúl Blas Sevillano, Dr.Sc.Agronom., Facultad de Agronomía, UNALM.
- David Campos Gutiérrez, Dr.Sc.Agronom., Facultad de Industrias Alimentarias, UNALM.
- Rosana S. Chirinos Gallardo, Dr.Sc.Agronom., Facultad de Industrias Alimentarias, UNALM.
- Rosa A. Espejo Joya, Dr.Biol., Facultad de Ciencias, UNALM.
- Patricia Gil Kodaka, Dr.Agr.Fish.Sci., Facultad de Pesquería, UNALM.
- Ana Kitazono Sugahara, Ph.D., Facultad de Ciencias, UNALM.
- Sandra Manrique Trujillo, Dr.Cs. Facultad de Ciencias, UNALM.
- Ernesto A. Ormeño Orillo, Dr.Cs., Facultad de Ciencias, UNALM.
- Ilanit Samolski Klein, Dr.Biol., Facultad de Ciencias, UNALM.
- Edgar Hugo Sánchez Infantas, Dr.Biol., Facultad de Ciencias, UNALM.

- Carmen Velezmoro Sánchez, Dr.Ing.Alim., Facultad de Industrias Alimentarias, UNALM.
- Gretty K. Villena Chávez, Ph.D., Facultad de Ciencias, UNALM.
- Doris Zúñiga Dávila, Dr.Cs.Biol., Facultad de Ciencias, UNALM.

Profesores Visitantes

- Consuelo Arellano, Ph.D. North Carolina State University
- Sergio Camiz . Ph.D. Universidad di Roma . Italia
- María Eguiluz Moya, Doctora en Ciencias (Genética y Biología molecular) Universidad Federal de Rio Grande del Sur.
- María Esperanza Martínez-Romero, Dr.Inv., Centro de Ciencias Genómicas, UNAM, Cuernavaca, México.
- Claudia Machicado Rivero, PhD in Biochemistry and Molecular and Cell Biology. Universidad de Zaragoza, UPCH.
- Michel Sauvain, Ph.D. Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UPCH
- Marcia Josefina Toro García, Ph.D. Universidad Central de Caracas.
- Jorge Luis Wong Dávila, Ph.D. Centrotherm Si TecGmbH. Alemania.
- Gastón Zolla Benites, Ph.D.. Programa de Cereales. Laboratorio de Fisiología Vegetal. UNALM.

5.3. Infraestructura de investigación

El PDCIB cuenta con la infraestructura de la UNALM, incluyendo aulas, auditorios, biblioteca, salas de cómputo y otros.

La infraestructura de investigación disponible comprende varios Laboratorios del Departamento de Biología de amplia trayectoria en investigación, sustentada con proyectos financiados por organismos nacionales e internacionales y con un gran número de publicaciones científicas. Asimismo, participan también laboratorios de otras facultades, los campos experimentales de

la UNALM ubicados en el Campus de la Universidad y los fondos de los Institutos Regionales de Desarrollo en la Costa, Sierra y Selva.

El PDCIB promueve la generación de Convenios para intercambio con laboratorios del extranjero.

El PDCIB cuenta con equipos de enseñanza tales como: computadoras, software, proyectores multimedia.

Para sustentar los trabajos de Investigación Doctoral los laboratorios adscritos al PDCIB cuentan con equipos de investigación de última generación que incluyen secuenciador Illumina Miseq, cámaras de flujo laminar, HPLC, espectrofotómetros UV VIS, FTIR,, termocicladores convencionales y en tiempo real, microscopios ópticos, microscopio de fluorescencia, Micosocpio laser confocal de barrido microscopio RAMAN acoplado a fuerza atómica, equipos de proteómica, analizador de imágenes, citómetro de flujo, MALDI TOF , biorreactores de laboratorio y de escala piloto, cromatografía preparativa, entre otros.

VI. CRITERIOS Y ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE

El PDCIB tiene un programa escolarizado de alto nivel, a tiempo completo y propone una modalidad de doctorado equivalente al *Doctor of Philosophy* (Ph.D). Las clases se desarrollan regularmente en el Campus de la UNALM en los horarios establecidos en la Programación Semestral. A partir del año 2020 se ha implementado el dictado virtual de cursos teóricos.

Una primera estrategia de enseñanza está basada en el aprendizaje basado en problemas, el cual inicia desde el momento de selección del postulante con el planteamiento de una propuesta de investigación y se prolonga durante todo el periodo de estudios, especialmente para los cursos relacionados a investigación. Al ser admitido al PDCIB, cada estudiante tiene un Asesor de Tesis por todo el periodo de estudios y cuya función es: a) aconsejar académicamente y hacer el seguimiento sobre el programa de estudios; b) coordinar la investigación doctoral; c) según sea el caso, revisar exhaustivamente toda publicación científica derivada de la investigación doctoral; e) proveer los insumos para la investigación doctoral.

Los estudiantes inician su investigación doctoral desde el primer día de actividades y están obligados a trabajar por lo menos 20 horas semanales en el laboratorio o campo según su tema de tesis, aparte de los cursos de Investigación Doctoral. Durante esta estancia, el asesor de tesis incentiva al estudiante a identificar sus necesidades de aprendizaje y entrenamiento específico promueve la búsqueda de información científica relevante para el desarrollo de la investigación, verifica que el estudiante realice un análisis crítico de la información para plantear una estrategia o una solución que abone en la resolución de su hipótesis de investigación. Finalmente, como resultado de su investigación doctoral, el trabajo de tesis debe conducir a la publicación de uno o más artículos científicos en revistas especializadas (WoS, Scopus) antes de la Disertación.

Otras estrategias de enseñanza y aprendizaje, entendidas como procedimientos flexibles y adaptables a la formación en posgrado que se utilizan en el PDCIB comprenden:

- Enseñanza tradicional y exposición, basada en el conocimiento y experiencia del docente.
- Tutoría y enseñanza por descubrimiento y por proyectos, los cuales se basan en un enfoque centrado en las capacidades de los estudiantes.
- Estrategias basadas en el proceso de aprendizaje científico las cuales incluye principalmente la Investigación dirigida y seminarios de investigación.
- Estrategias basadas en el objeto de conocimiento que incluyen la enseñanza por comprensión y la contrastación de modelos, así como pasantías de investigación.

VII. CRITERIOS Y ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN

7.1 Evaluación Formativa

Durante la etapa formativa que abarca los seis semestres académicos, los cursos obligatorios y cursos electivos sugeridos por el PDCIB son evaluados de acuerdo con criterios basados en el conocimiento, habilidades y competencias, así como criterios actitudinales que reflejen el interés constante por la superación personal y apego a la meritocracia. Los instrumentos específicos de evaluación están contenidos en el syllabus de cada curso e incluyen la valoración de trabajos de análisis crítico, seminarios y exámenes presenciales, entre otros.

En los cursos de Metodología de Investigación científica en Ciencias e Ingeniería Biológicas, Proyecto de tesis en Ciencias e Ingeniería Biológicas, Seminario de Investigación I y II y Seminario Avanzado de redacción científica, el Comité Consejero es el encargado de evaluar al estudiante.

El curso de Investigación Doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas es evaluado por el asesor de tesis de acuerdo con el número de horas de dedicación y se evalúa en función al logro de objetivos y resultados

De acuerdo con las normas de la UNALM y de la EPG el sistema de evaluación es de 0 a 20. Según ello, la nota mínima aprobatoria final es 14. Como política de calidad el PDCIB promueve un calificativo mínimo de 16.

7.2. Examen de grado doctoral

Los estudiantes regulares admitidos al PDCIB deben presentar un Examen de Grado Doctoral ante el Comité Consejero y un presidente, cuya aprobación les da la condición de Candidato a Doctor. El examen consistirá en dos tercios de las preguntas sobre los cursos y un tercio sobre la investigación doctoral.

De acuerdo con el Reglamento vigente de la EPG UNALM para rendir el Examen de grado se requiere:

Tener aprobado el proyecto de tesis con resolución del directorio de la EPG.

b) Acreditar el dominio avanzado del inglés como preferencia y del dominio básico de otro idioma extranjero, el cual puede ser sustituido por una lengua nativa.

c) Presentar certificado de estudios concordante con haber concluido todos los cursos. Según su programa de estudios aprobados, con promedio ponderado acumulado no menor a 14 y como mínimo 50% de investigación.

d) Tener comité consejero con los integrantes vigentes.

e) No tener deudas pendientes con la UNALM y con la EPG.

7.3. Sustentación de tesis

La sustentación de la tesis es un acto formal y público y se requiere la presencia del presidente, del asesor y de un miembro del comité, así como de un miembro externo.

La sustentación de tesis doctoral procede cuando el candidato haya cumplido con realizar un trabajo de investigación aprobado por el Comité Consejero y respaldado por un proyecto de tesis aprobado por la EPG. La investigación debe resultar en una contribución independiente y original al conocimiento. Además, el candidato a doctor debe demostrar un entendimiento de los métodos y disciplinas apropiadas al campo de estudio elegido y debe cumplir los siguientes requisitos:

- Aprobar todos los cursos del PDCIB y aprobar satisfactoriamente el Examen de Grado Doctoral.
- Acreditar al menos un artículo científico aceptado o publicado en revistas especializadas de la *Web of Science* o *Scopus* con factor de impacto igual o mayor a 0.5. El tiempo de sustentación no excederá de cuarentaicinco minutos, luego de los cuales el Comité Consejero, el Presidente de Jurado y el Jurado externo (1

miembro) examinarán al Candidato sobre los métodos, resultados y conocimientos relacionados al tema de la tesis.

VIII. CRITERIOS DE TITULACION

Según el reglamento de la EPG artículo 103, la UNALM otorga el grado de Doctor, denominado *Doctoris Philosophiae* (Ph.D)

Para solicitar la obtención del grado de doctor, *Doctoris Philosophiae*, en Ciencias e Ingeniería Biológicas, el candidato a doctor tiene que haber aprobado el Examen de grado y la sustentación de tesis doctoral, además de haber culminado su programa de estudios con 64 créditos según la malla curricular del PDCIB.

Los requisitos para la obtención del grado de doctor denominado *Doctoris Philosophiae* (Ph.D.) están señalados en el artículo 103 del Reglamento de la PG UNALM.

XIX. PERFIL DE EGRESO

9.1. Competencias del egresado del PDCIB

9.1.1. *Competencias básicas*

- Comprensión sistemática dominio de las habilidades y métodos de investigación a las Ciencias e ingeniería Biológicas
- Capacidad de comunicación con la comunidad académica, científica, profesional y con la sociedad en general acerca de temas científicos utilizando adecuadamente los canales y lenguaje adecuado en función al grupo receptor.
- Capacidad de fomentar, en contextos académicos y profesionales, el avance científico, tecnológico, social dentro de una sociedad basada en el conocimiento.
- Desenvolverse bajo principio éticos fundamentales.

9.1.2 *Competencias generales*

- Desenvolverse en contextos en los que hay poca información específica en Ciencias e Ingeniería Biológicas.
- Diseñar, crear, desarrollar y emprender proyectos novedosos e innovadores en Ciencias e Ingeniería de sistemas y procesos biológicos.
- Trabajar independientemente o en equipo en el ámbito nacional o extranjero promoviendo la multidisciplinariedad en ciencias.
- Capacidad para la crítica y defensa intelectual basada en la evidencia científica.

9.1.3. *Competencias específicas*

- Conocimiento de los principios científicos básicos para abordar una investigación basada en sistemas o procesos biológicos.

- Integra el conocimiento de los procesos moleculares básicos de flujo de información para comprender la complejidad funcional y estructural de los sistemas biológicos.
- Interpreta la información que aportan las técnicas moleculares y herramientas de investigación en ingeniería biológica.
- Conoce las aplicaciones de sistemas biológicos en biotecnología.
- Tiene una visión integrada del proceso de I+D+i desde el descubrimiento de nuevos conocimientos básicos hasta el desarrollo de aplicaciones concretas de dicho conocimiento y la introducción en el mercado de nuevos productos biotecnológicos.
- Sabe diseñar una investigación prospectiva de mercado para un producto biotecnológico.

9.2. Perfil del graduado del PDCIB

El graduado del PDCIB contará con una adecuada formación científica y tecnológica y una formación experimental avanzada que le permitirán:

1. Proponer, conducir y dirigir proyectos de investigación científica y tecnológica de avanzada en forma independiente;
2. Interpretar, modelar y teorizar procesos biológicos;
3. Evaluar y valorar los elementos de la diversidad biológica y proponer e implementar planes para su manejo sostenible y competitivo;
4. Elaborar planes para la generación, adaptación e innovación de biotecnologías de empresas de corte biológico.

IX. SUMILLA DE CURSOS

Cursos Obligatorios

CC8001 Biodiversidad Global

Desde la Reunión “Cumbre para la Tierra” en el año 1992, en Brasil, la biodiversidad ha pasado a formar parte importante en las decisiones sociopolíticas en la interacción hombre-naturaleza. Por esta razón, el alumno del Doctorado en Ciencias e Ingeniería Biológica debe analizar los conceptos fundamentales relacionados a la Biodiversidad, en sus diversos niveles: genes, especies, ecosistemas y cultural, en las estrategias y administración de la conservación, y en el marco legal internacional y nacional que la regulan.

CC8002 Ingeniería Biológica

La *Ingeniería Biológica* es una especialidad dedicada al desarrollo económico de procesos celulares y moleculares con la finalidad de producir bienes y servicios. El curso es teórico y de enseñanza virtual con modalidades que están determinadas por el staff de profesores que intervienen en su dictado en cada semestre. Los temas por desarrollar son: ADN y flujo de la información genética, genómica y otras ciencias ómicas, Biología de sistemas, y principios de Ingeniería biológica: modelamiento de procesos celulares e ingeniería de biorreactores.

CC8XXX Metodología de Investigación Científica doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas

Este curso es obligatorio a todos los estudiantes en el que se impartirán los lineamientos de la investigación científica y diseños experimentales para que el estudiante pueda realizar un perfil de tesis basado en un análisis crítico, profundo, coherente y referenciado, incluyendo aspectos sustanciales de política, mercado y perspectivas futuras, realizado durante el semestre bajo dirección del profesor del curso y del comité académico del tema de investigación propuesto en acuerdo con el asesor de tesis .

CC8XXX Proyecto de tesis doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas

Este curso es obligatorio para los todos los estudiantes. En este segundo curso, el estudiante debe analizar y describir en forma detallada y documentada el planteamiento del tema de investigación, los objetivos, los métodos y las técnicas principales que se utilizará, reforzado por referencias actualizadas y en estrecha consulta con el Asesor. El trabajo realizado permitirá la elaboración del Proyecto de tesis, el cual, una vez evaluado y calificado por el Comité Académico, será remitido a la EPG.

CC8004 Investigación Doctoral en Ciencias e Ingeniería Biológicas

Este es el componente fundamental de los estudios doctorales y requiere del trabajo experimental en laboratorio o campo directamente supervisado por el Asesor. El candidato

deberá constantemente consultar y discutir con el Asesor sobre la planificación, ejecución y análisis de los experimentos. Debe, además, realizar las consultas bibliográficas y realizar las actividades relacionadas con la investigación que el Asesor le plantee. El Asesor debe propiciar la participación del Candidato en Eventos científicos nacionales y preferentemente internacionales donde presente avances de los resultados de su trabajo. Así mismo, el Asesor puede recomendar la realización de experimentos en otros laboratorios del país y/o del extranjero. Al término de cada semestre el Candidato debe entregar un informe de avance el cual será calificado por el Asesor. Los artículos científicos que puedan derivarse de la investigación serán escritos por el Candidato y discutidos con el Asesor.

Cursos electivos de formación

CC8000 Teoría de la Biología

Casualidad y Causalidad en Biología: el papel del azar. La evolución y la noción de progreso. Información en sistemas biológicos complejos: genética y cultural. El reduccionismo de la biología molecular. La dualidad entre “patrones” y “procesos”. Naturaleza de las leyes en biología: ¿mandatos o prohibiciones? El tiempo en biología: naturaleza y sentido del cambio y posibilidad de la predicción. Las tareas de la biología: de la descripción a la prescripción.

CC 8XXX Fundamentos de Estadística

Este curso es electivo para los doctorandos y se propone como un análisis estadístico básico para alumnos con escaso o poco conocimiento de estadística. El curso es orientado a alumnos de doctorado, con una capacidad de estudio ya establecida y un conocimiento en su campo de aplicación. Se abordan principios metodológicos de estadística y análisis de datos. Análisis exploratorio (estadística descriptiva), análisis confirmativo (probabilidad y estadística), inferencia estadística, diseños experimentales. Uso de programa R.

CC8056 Bioinformática básica

El curso ofrece información avanzada y actualizada a nivel doctoral sobre las herramientas bioinformáticas disponibles para el análisis estructural y funcional de genomas que permitan el entendimiento de la genómica asociada al comportamiento y manipulación de los seres vivos para distintas aplicaciones. Incluye las bases para el manejo de Linux, trabajo en R mediante el programa R studio., Herramientas para el trabajo remoto de secuencias masivas, entre otros programas de bioinformática.

CC8058 Bioinformática aplicada al análisis ómico y visualización molecular

Curso teórico-práctico dirigido a desarrollar competencias en el estudiante que le permitan reconocer y utilizar herramientas bioinformáticas aplicadas para diversos fines. Comprende 3 capítulos: bases de datos biológicas, ómicas y minado de *big data* y visualización molecular 3D. El curso provee un panorama global de los principales tópicos de la bioinformática, incluyendo la comparación de secuencias de ADN y proteínas, el minado y manejo de datos ómicos y el análisis estructural de proteínas.

CC8007 Genética Molecular e Ingeniería Genética en Vegetales Superiores.

Genoma de las plantas: Secuencias repetidas y no repetidas, estructura y expresión génica, regulación de la expresión génica; RNA de interferencia. Resistencia al estrés: mecanismos moleculares de respuesta al estrés; resistencia a factores bióticos y abióticos. Marcadores moleculares: principales técnicas para la digitalización molecular, mejoramiento asistido por marcadores. Ingeniería genética de plantas: técnicas de transferencia de genes, vectores para plantas, procedimientos de transformación. Tecnología de cloroplastos. Tecnología de RNA de interferencia. Tipos de plantas transgénicas.

CC8008 Ingeniería de Extracción y Purificación de Metabolitos

Los procesos en línea de salida (“downstream processes”) son una parte importante de los procesos biotecnológicos, que pueden llegar a abarcar hasta el 60 a 70 % de los costos de producción. En este curso se trata la identificación, extracción y purificación de metabolitos intra- y extracelulares. Técnicas de separación de biomasa de los bioreactores: Filtración, microfiltración y centrifugación. Técnicas de secado (atomización, liofilización y lechos fluidizados), acondicionamiento y evaluación de calidad de la biomasa. Extracción, concentración y purificación de metabolitos intracelulares: proceso de lixiviación, separación por membranas (ultrafiltración y ósmosis inversa), diálisis y electrodiálisis, cromatografía (intercambio de iones, fase reversa, interacción hidrofóbica, filtración sobre gel, adsorción, afinidad, cromatofocalización), HPLC, FPLC y cromatografía preparativa a baja presión. Criterios para determinar la pureza y calidad del producto final: cromatografía de papel y capa fina, electroforesis, electrofocalización, electroforesis capilar, HPLC, RMN, espectrometría de masa.

CC8009 Simulación y Optimización de Procesos Biotecnológicos

Los alumnos estarán preparados para simular y optimizar procesos biotecnológicos y diseñar trabajos de investigación científica experimental. Para ello, adquirirán conocimientos de

Programación Gráfica y de Diseños Experimentales y Matemática Aplicada, cuyas formas resolutivas se harán a través de Statgraphics®, Statistica®, Mathematic®, y otros.

CC8003 Seminario de Investigación I

Este curso es obligatorio a todos los estudiantes y consiste en preparar al alumno para una exposición pública de veinte minutos ante el Comité Académico y público invitado. En la sesión, el estudiante hace el planteamiento sobre un tema de relativa amplitud, relacionado al Campo de estudios del Candidato y aprobado por el Comité Académico.

CC8015 Seminario de Investigación II

Este curso es obligatorio para los todos los estudiantes, las exposiciones son de treinta minutos. En este segundo curso de seminario el estudiante debe exponer en forma detallada y documentada el planteamiento del tema de investigación, los objetivos, los métodos y las técnicas principales que está utilizando, así como los resultados de avance obtenidos en estrecha consulta con el Asesor. Asimismo, se entrenará al estudiante en la preparación de trabajos científicos para eventos académicos.

CC8XXX Seminario avanzado de redacción científica

El curso tiene como objetivo la presentación de un artículo científico derivado de la investigación doctoral realizada por el estudiante. Para eso, se familiarizará al alumno con el manejo y consulta de bases de datos de revistas científicas como *Web of Science* y *Scopus*, para la elección de una revista especializada con impacto en la que pueda someter su artículo. En bases a ello, se prepara al alumno en procesamiento, análisis y presentación de resultados según el formato de la revista, así como la redacción completa del artículo. En la primera mitad del semestre el alumno debe haber elegido la revista en acuerdo con el asesor de tesis y desarrollar un avance de manuscrito con Introducción y metodología, y al final del semestre presentará el borrador completo del artículo. Este será revisado por asesor para ser sometido a la revista.

Cursos electivos libres

CC8011 Biología Molecular de las Interacciones Planta y Microorganismo

Bases de las técnicas de DNA recombinante. Diferencias entre los mecanismos moleculares de expresión génica en Eucariotas y Procariotas. Taxonomía y ecología de las bacterias patógenas de plantas. Genes involucrados en la patogenicidad de las bacterias patógenas de plantas. Mecanismos moleculares en el tráfico de factores de virulencia en bacterias patógenas de plantas y de animales. Mecanismos moleculares involucrados en la inducción de la reacción de defensa de las plantas. Nuevas estrategias para la construcción de plantas resistentes a enfermedades.

CC8012 Productos Secundarios de Cultivos de Tejidos Vegetales.

Diversidad y potencial del cultivo de células vegetales. Regulación de la producción a través de la elicitación y la inducción. β -glucanos, etileno, metil-jasmonato. Interacción entre elicitadores y señales. Análisis preliminar económico del uso de los cultivos de células vegetales para la producción de metabolitos secundarios. Limitaciones/oportunidades para la comercialización de los cultivos de células vegetales. El futuro de los productos secundarios a partir de cultivos de tejidos vegetales.

CC8014 Sistemas Biológicos de Tratamiento de Aguas Residuales.

Introducción general. Fundamentos biológicos del tratamiento de aguas residuales. Depuración de aguas residuales urbanas e industriales. Sistemas de tratamiento aerobio. Sistemas de tratamiento anaerobio. Post-tratamiento de aguas residuales: remoción adicional de materia orgánica, procesos biológicos de eliminación de nutrientes (N, P), eliminación de patógenos, compuestos xenobióticos y recalcitrantes.

CC8013 Política Ambiental y Legislación en América Latina.

El curso presenta una perspectiva y criterio, desde una visión Sudamericana de la sustentabilidad ambiental. Sistemas ambientales en América Latina. Interacción entre los subsistemas ecológico, económico y sociocultural. Políticas económicas y ambientales en el orden internacional y en Latinoamérica Organización política y administrativa. Cuerpo e instrumentos legales. Convenios internacionales. Biodiversidad, Ozono, Pesca, Mercosur, y otros. Legislaciones sectoriales o específicas. Análisis de jurisprudencia. Acción participativa pública. Canales.

CC8016 Diversidad Molecular Microbiana.

Diversidad Microbiana: análisis molecular y filogenias bacterianas, microorganismos no cultivables, hábitats extremos, diversidad genética y genoespecies, consorcios, transferencia lateral de información genética, evolución experimental. Interacción molecular: colonización, intercambio de señales, factores Nod y morfogénesis, diferenciación celular, beneficios de la interacción.

CC8039 Genómica Funcional Microbiana

Genómica comparativa. Perfilado de expresión: Transcriptómica (microarrays y secuenciamiento de nueva generación). Proteómica: Redes de interacción Proteína-proteína. Genética dirigida por genoma (incluyendo híbridos génicos, marcas, otros). Análisis genético de alto rendimiento (IVET, RIVET, STM, TRAsh, otros). Bloqueo de genes (Gene knock-down) via RNAi y crisp CASp. Biología sintética. Análisis computacional y Bioinformático básico
Práctica: Experimentos de Transcriptómica: Extracción de RNA y análisis en tiempo real de expresión de genes. Introducción al análisis bioinformático.

CC8038 Bioprospección Molecular

Diversidad microbiana: análisis molecular filogenias bacterianas. Microorganismos no cultivables: ambientes extremos, diversidad genética y genoespecies. Bioprospección: técnicas, productos microbianos naturales y biosíntesis. Comunidades microbianas y

transferencia horizontal de genes. Interacciones moleculares: colonización, intercambio de señales, morfogénesis y diferenciación celular.

Práctica: Extracción de DNA metagenómico, detección molecular de genes, clonación de expresión de genes. Análisis informático.