

**Universidad del
Rosario**

**PROYECTO EDUCATIVO DE PROGRAMA (PEP)
DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE DE 2020**



RECTOR

JOSÉ ALEJANDRO CHEYNE GARCÍA

VICERRECTOR

SERGIO ANDRÉS PULGARÍN MOLINA

SÍNDICO

MIGUEL FRANCISCO DIAGO ARBELÁEZ

SECRETARIA GENERAL

CATALINA LLERAS FIGUEROA

DIRECTOR ACADÉMICO

RAFAEL ALBERTO MÉNDEZ ROMERO

DECANA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

CAROLINA PARDO DÍAZ



EQUIPO GESTOR DEL PROGRAMA

DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CAROLINA PARDO DÍAZ

DIRECTOR ESCUELA DOCTORAL
DIRECTOR DEL DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES
ANDRE JOSAFAT RIVEROS RIVERA

SECRETARIO ACADÉMICO
JUAN PABLO REINA CASTRO

COMITÉ DE POSGRADOS
NICOLA CLERICI
KATHARINE NORA FARRELL
ADRIANA ALEXANDRA MALDONADO CHAPARRO
FREDY GIOVANNI MESA RODRÍGUEZ
CAROLINA PARDO DÍAZ
JUAN MANUEL ROBERTO POSADA HOSTETTLER
BENJAMÍN RAPHAEL QUESADA
ANDRE JOSAFAT RIVEROS RIVERA
CARLOS HUMBERTO VALDERRAMA ARDILA
VICTORIA EUGENIA VILLEGAS GÁLVEZ
ANDRÉS FELIPE ALFONSO ROJAS, REPRESENTANTE DE ESTUDIANTES

Tabla de contenido

Presentación	8
Ficha técnica del programa	10
1 IDENTIDAD DEL PROGRAMA	11
1.1 Reseña histórica	11
1.2 Misión y visión	15
1.2.1 Visión	15
1.2.2 Misión	15
1.3 Prospectiva.....	16
1.3.1. Docencia	16
1.3.2. Investigación	18
1.3.3 Extensión	20
1.4 Funciones sustantivas del programa	22
1.4.1 Docencia	22
1.4.2 Investigación	30
1.4.3 Extensión	50
1.4.5 Propósitos del programa	52
2. ORIENTACIONES CURRICULARES DEL PROGRAMA.....	54
2.1 Fundamentación teórica del programa	54
2.2 Propósitos de formación del programa	58
2.3 Resultados de aprendizaje esperados	59
2.4 Perfiles	60
2.4.1 Perfil de ingreso	60
2.4.2 Perfil de egreso	60
2.4.3 Perfil ocupacional	60
2.5 Estructura curricular del programa.....	61
2.5.1 Plan de estudios	61
2.5.2 Estructuración y secuenciación del Plan de Estudios	64
2.5.3 Distribución de créditos por núcleos de formación y organización de periodos académicos.....	69
2.5.6 Opciones y requisitos de grado.....	71

2.5.7 Estrategias de flexibilización	71
2.5.8 Internacionalización del programa	74
3. ORIENTACIONES PEDAGÓGICAS Y DIDÁCTICAS	76
3.1 Estrategias didácticas.....	76
3.3 Evaluación del aprendizaje	77
3.4 Seguimiento al trabajo autónomo	78
4. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	79
5 ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA DEL PROGRAMA	80
5.1 Organigrama	80
5.2 Apoyo a la gestión académica-administrativa	81
5.2.1 Laboratorios.....	81
5.2.2 Otros espacios de apoyo para la investigación	83
5.3 Medios virtuales para la docencia, la investigación y la extensión	84
5.3.1 Centro de Alto Desempeño de la Universidad del Rosario (CENTAURO)	84
5.3.2 Disponibilidad de recursos informáticos.....	84
5.4 Salas de cómputo	86
Anexos.....	91

Lista de tablas

Tabla 1. Plan de vinculación profesoral.....	16
Tabla 2. Estrategias de formación en docencia para el Doctorado en Ciencias Naturales..	18
Tabla 3. Plan de desarrollo de investigación del Doctorado en Ciencias Naturales	19
Tabla 4. Estrategias de formación en investigación para el Doctorado en Ciencias Naturales	20
Tabla 5. Plan de Relación con el Sector Externo del Programa.....	20
Tabla 6. Estrategias de formación en gestión en extensión para el Doctorado en Ciencias Naturales	22
Tabla 7. Características de los actores del proceso educativo.....	23
Tabla 8. Profesores del Doctorado en Ciencias Naturales	25
Tabla 9. Dedicación de los profesores del programa	27
Tabla 10. Profesores vinculados a proyectos de relación con el sector externo	30
Tabla 11. Profesores que atienden investigación del Doctorado en Ciencias Naturales.....	33
Tabla 12. Grupos y líneas de Investigación del Doctorado en Ciencias Naturales.....	41
Tabla 13. Clasificación de los grupos de investigación en Colciencias.....	42
Tabla 14. Semilleros de investigación de la Facultad de Ciencias Naturales	43
Tabla 15. Proyectos de la Facultad de Ciencias Naturales financiados en curso, 2020	45
Tabla 16. Convenios para Extensión del Doctorado en Ciencias Naturales	51
Tabla 17. Modelo de plan de estudios del Doctorado en Ciencias Naturales.....	62
Tabla 18. Asignaturas electivas para el Doctorado en Ciencias Naturales.....	66
Tabla 19. Consistencia entre RAE y asignaturas del plan de estudios	68
Tabla 20. Distribución de créditos de acuerdo con los núcleos de formación	69
Tabla 21. Ejemplo de distribución de créditos del Doctorado en Ciencias Naturales	70
Tabla 22. Asignaturas de la MCN reconocidas en el DCN	72
Tabla 23. Ejemplo de distribución de créditos del tránsito desde la Maestría en Ciencias Naturales hacia el Doctorado en Ciencias Naturales	73
Tabla 24. Rutas de ingreso y duración del proceso formativo.....	74

Lista de gráfica

Gráfica 1. Patrón de la financiación de propuestas de investigación de la FCN.....	44
Gráfica 2. Ruta de formación del Doctorado en Ciencias Naturales	67
Gráfica 3. Relación entre ciclos, núcleos de formación, asignaturas y RAE	67
Gráfica 4. Ruta académica del Doctorado en Ciencias Naturales.....	70
Gráfica 5. Organigrama del Doctorado en Ciencias Naturales	81

Presentación

Como parte de su misión, la Universidad del Rosario se propuso, desde sus inicios en el siglo XVII, la formación científica de los protagonistas de la realidad colombiana. En la actualidad, y por más de una década, la Facultad de Ciencias Naturales (FCN) ha contribuido a la generación de conocimiento científico a través de investigación de excelencia y formación de estudiantes de diversos niveles. El Doctorado en Ciencias Naturales (DCN) es el complemento a un portafolio que soporta las funciones sustantivas de formación, investigación y extensión de la FCN. El DCN surge del reconocimiento de la investigación pertinente y de alta calidad como fuente de un cuerpo de saberes que deben permear la sociedad y contribuir a la solución de desafíos locales, regionales y globales.

El DCN se engrana en una agenda institucional que orbita alrededor de la generación y transferencia de conocimiento científico. La Universidad ha definido la Ruta 2025- Revolución Digital como su Plan Integral de Desarrollo que se materializa a través de nueve macroproyectos, los cuales reflejan el ejercicio de la comunidad rosarista de pensarse sobre su visión, misión y proyección hacia la sociedad.

Este documento presenta el Proyecto Educativo del Programa (PEP) del DCN, conectado con los planes institucionales y construido sobre una estructura sólida y preparada para la formación de investigadores de excelencia, generadores de conocimiento pertinente para la sociedad, y de alta calidad e impacto. El DCN es producto del análisis juicioso de las tendencias en educación doctoral en el mundo, las necesidades del país en formación de capital humano altamente calificado y los retos multidimensionales y complejos de la sociedad actual. Además, es el resultado de la discusión y realimentación de la comunidad de la FCN, incluidos el Comité de Posgrados, los directores y coordinadores de programas, los directores de grupos de investigación, los directores de semilleros de investigación, la Dirección Administrativa y Financiera y la Dirección de Investigación e Innovación de la Universidad. El DCN ha sido discutido y aprobado por los Comités de Posgrados y Curricular de la FCN, y presentado ante el Comité de Doctorados de la Dirección Académica de la Universidad.

El primer capítulo describe los elementos que dan identidad al programa. El DCN surge de una historia de consolidación de procesos y experiencias en docencia, investigación y extensión, los cuales permiten definir con claridad sus propósitos, su misión, su visión y los mecanismos que permitirán materializarlos. El DCN es una respuesta a las demandas de creación de programas de doctorado en el país que deriven en mayor capital humano altamente calificado y comprometido con la generación de conocimiento y el diseño de estrategias para la solución de problemas locales, regionales y globales.

El segundo y tercer capítulos presentan los fundamentos y la organización que soportan el proceso formativo que conduce al alcance de sus propósitos. El DCN formará investigadores autónomos y objetivos, capaces de generar conocimiento básico o aplicado en ciencias naturales, a través del ejercicio del pensamiento científico en un marco ético e íntegro al servicio de la sociedad. Además de la estructura curricular y del plan de estudios, se describen las estrategias de enseñanza-aprendizaje, de acompañamiento y de evaluación para asegurar el proceso formativo.

El cuarto capítulo describe las estrategias, los mecanismos y los actores involucrados en el aseguramiento de la calidad del programa. El DCN propende por procesos con los más altos estándares, atendiendo a los lineamientos institucionales de autoevaluación y autorregulación y a las exigencias gubernamentales presentadas en el Modelo de acreditación en alta calidad del Ministerio de Educación Nacional.

Por último, el capítulo 5 presenta la estructura administrativa encargada de la ejecución del programa. El DCN hace parte de la Escuela Doctoral, una dependencia de la FCN, la cual acoge todos sus programas de posgrado. El DCN se apoya en el Comité de Posgrados como cuerpo colegiado decisorio y recibe recomendaciones de las otras dependencias de las FCN: Dirección de Investigación, Secretaría Académica y Dirección Administrativa y Financiera.

Ficha técnica del programa

Institución de Educación Superior	Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario		
Domicilio principal	Calle 12C No. 6-25 - Bogotá D.C., Colombia		
Página Web	http://www.urosario.edu.co/		
Denominación del programa académico	Doctorado en Ciencias Naturales		
Título que otorga	Doctor(a) en Ciencias Naturales		
Lugar de desarrollo del Programa	Bogotá, D.C.		
Nivel de formación	Doctorado		
Norma interna de creación	Decreto (Colocar día, mes y año e instancia que expide la norma)		
Modalidad de impartición	Presencial		
Área de conocimiento	Ciencias Naturales		
Duración estimada del programa	Ocho semestres	Periodicidad de la admisión	Anual
Facultad a la que está adscrito el programa	Facultad de Ciencias Naturales		
Dirección	Cra. 24 No. 63C-69	Código postal	111221
E-mail del director del programa	andre.riveros@urosario.edu.co	Teléfono	(571) 2970200 ext. 3409
Número de créditos académicos	90		
Número de estudiantes en el primer periodo	10		
Valor de la matrícula primer periodo	15 SMMLV		

1 IDENTIDAD DEL PROGRAMA

1.1 Reseña histórica

Desde su fundación en 1653, la Universidad del Rosario ha incorporado en su misión la formación científica de ciudadanos protagonistas de la sociedad colombiana. Hoy, mientras celebra sus 366 años de aporte a la construcción del país, renueva este compromiso como parte de su agenda para la tercera década del siglo XXI. La agenda, plasmada en el Plan Integral de Desarrollo Ruta2025-Revolución Digital (2019) y en el Proyecto Educativo Institucional (PEI, 2018), se desarrolla a través de nueve macroyectos que reflejan el ejercicio de la comunidad rosarista de pensarse sobre su visión y la forma de proyectarse hacia la sociedad colombiana y el mundo. Las metas de los macroyectos encuentran, en su mayoría, un común denominador: la producción y transferencia de conocimiento científico. Cabe mencionar aquí por su pertinencia: UR Research & Innovation-Investigación al servicio de la innovación, UR Equidad-Ecosistema científico con impacto social, UR Global-Internacionalización para todos y URuki-Oficina de prospectiva académica.

El DCN se engrana en estos macroyectos como una propuesta de la Facultad de Ciencias Naturales (FCN), como actor principal en formación científica. La FCN, fundada originalmente como Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas en 2008, ha tenido como misión la generación de conocimiento científico a través de investigación de excelencia y la formación de estudiantes de diversos niveles. En 2013 inició la actividad del programa de Biología (Resolución 16758 de 20 de noviembre de 2013), una apuesta única en el país, dirigido a la formación de biólogos interdisciplinarios con bases sólidas y pensamiento científico, preparados para entender y afrontar desafíos locales y globales en el marco del desarrollo sostenible. En 2016 se aprobó el pregrado en Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación (Resolución 10690 de 2016) con formación en áreas únicas en el país como inteligencia artificial, ciberseguridad y ciencia de datos. Actualmente hace parte de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología. Hoy, estas rutas formativas se proyectan, continúan y profundizan en la Maestría en Ciencias Naturales (Resolución 8160 del 5 de agosto de 2019), la cual brinda un escenario para cultivar las habilidades en investigación, la autonomía y el comportamiento ético. Además, en 2019 se inauguró la Estación Experimental de Campo José Celestino Mutis, de 12,5 ha dedicadas a la investigación y la conservación. El DCN es entonces el complemento natural y necesario de este portafolio de inversión en formación e investigación. La creación del DCN consolida el inicio de la Escuela Doctoral de la FCN, como una estructura académico administrativa que cobija a los programas de posgrado, favoreciendo la integración de niveles de formación. Así, el DCN ofrece un espacio flexible y riguroso que expande la visión del profesional, lo conecta con otras disciplinas y le permite el desarrollo de su creatividad para identificar problemas y proponer soluciones que rebasen las fronteras del saber.

La investigación derivada de la formación doctoral conduce a la creación de una masa crítica de saberes que permean la sociedad a través de su divulgación y de la transferencia representada en innovación y tecnología. Los países con mayor inversión en investigación son los que lideran el desarrollo multidimensional humano del mundo (Stephan, 1996; Jaramillo, 2009; OECD, 2019). Por esta razón, como insignia máxima de la preparación de investigadores, la formación doctoral debe ser promovida en el marco de una reflexión sobre los desafíos de la sociedad local y global, y la evolución de la estructura y visión de la academia (Stewart, 2010; Gould, 2015; OECD, 2019; Misión Internacional de Sabios-2019, 2020). En ese sentido, el DCN busca responder a necesidades locales, regionales y globales, reconociendo el papel de la investigación científica como motor de crecimiento económico, desarrollo social y plataforma para la generación de nuevo conocimiento.

Hoy más que nunca, los retos locales, regionales y globales se entrelazan, y el DCN es parte de la respuesta de la Universidad del Rosario. El cambio climático global, la seguridad alimentaria, la salud pública, la deforestación, la desaparición acelerada de especies, la calidad del aire, la seguridad del acceso al agua potable, la minería ilegal, la necesidad de fuentes de energía, el desplazamiento de poblaciones y la distribución inequitativa de recursos derivados de la tierra hacen parte de una larga cadena de retos que trascienden fronteras y deben ser enfrentados de manera urgente. Por ejemplo, de acuerdo con reportes de la NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos), la temperatura global aumenta por década a una tasa de $0,2^{\circ}\text{C}$ (Allen et al., 2018; Buis, 2019) y entre el 2014 y el 2019 se alcanzaron nuevos registros en temperaturas máximas globales, que han ido de la mano con el incremento en niveles de CO_2 (Copernicus Climate Change Service, 2019). En Colombia, entre 1971-2000, la temperatura promedio aumentó $0,13^{\circ}\text{C}$ por década, y se predice un aumento de $3,2^{\circ}\text{C}$, respecto a ese periodo de referencia, para final del siglo XXI (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, 2015). Sumado a estos cambios, se predicen disminuciones de hasta un 36% en precipitación en las regiones Caribe y Andina, y alteraciones en precipitación y humedad en amplias regiones del país (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, 2015). Las alteraciones climáticas fueron parcialmente responsables de la crisis desatada por incendios que afectaron bosques en todo el mundo a finales de 2019. En Colombia, a las más de 120.000 hectáreas consumidas por fuego en la Amazonía, se suma una deforestación acelerada en el periodo del posconflicto (Clerici et al., 2020).

De otra parte, las necesidades humanas en salud y alimentación requieren también atención pronta desde la ciencia. La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) reportó en 2019 que después de varias décadas de descenso, la tendencia de subalimentación ha virado al incremento, alcanzando a más de 800 millones de personas (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2019). En Colombia, una población de casi 2,5 millones se encontraba en estado de subalimentación para 2018, mientras que, paradójicamente, los índices de obesidad incrementaron (FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2019).

Adicionalmente, y como una memoria que trascenderá las nuevas generaciones en todo el mundo, a inicios de 2020, la Organización Mundial de la Salud declaró pandemia el brote del virus SARS-CoV-2, de origen animal, al igual que otros coronavirus. Esta declaratoria impactó de forma directa todos los rincones del planeta (World Health Organization, 2020). A pesar de las medidas locales, regionales y mundiales, la epidemia ha revelado la necesidad de fortalecer, de manera prioritaria, el sistema de investigación en el país y en el mundo.

En Colombia, los retos propios no son menores. El término de la segunda década del siglo XXI dejó para el país tres contextos icónicos que enmarcarán los años venideros de la relación entre la academia y la sociedad colombiana. En primer lugar, la firma de los acuerdos de paz no solo trajo consigo la urgente necesidad de una profunda reflexión nacional sobre los orígenes del conflicto (República de Colombia, 2016), sino que además abrió las puertas de escenarios ricos en biodiversidad, previamente inaccesibles por años de conflicto armado (Reardon, 2018a-b). Colombia es mundialmente reconocida por su diversidad biológica y cultural. Los acuerdos dejaron ver la oportunidad única de develar esa riqueza y el consecuente compromiso para estudiarla, valorarla, protegerla y usarla de manera responsable. Los acuerdos resaltaron también, como imperativa, la participación de la academia en el engranaje de reflexión y búsqueda de soluciones para los elementos causales del conflicto.

En segundo lugar, Colombia adolece de un marcado rezago en investigación, explicado en parte por la tardía y baja inversión para investigación y desarrollo (I+D) y la escasa oferta de formación de investigadores de alto nivel. Por un lado, respecto a los países con las cinco mejores universidades de América Latina (Brasil, Argentina, México, Chile), Colombia hace los menores aportes en investigación y desarrollo, invirtiendo poco más del 0,2% del Producto Interno Bruto (PIB), seis veces menos que Brasil, el país latinoamericano con la mayor inversión. No sorprende, entonces, que Colombia presente los menores valores en número de patentes otorgadas a residentes y número de artículos publicados.

Por otro lado, la aparición de la educación doctoral ha sido tardía respecto a otros países de América Latina (Soto Arango, 2009; Salazar, 2009). Apenas en 1980, el Ministerio de Educación Nacional reglamentó a los doctorados como un nivel de formación que privilegia la investigación original y la interdisciplinariedad (MEN, 1980). Mientras en Colombia aún se reflexionaba sobre la pertinencia de la formación doctoral en ciencias básicas, en Argentina se superaba ya la media centena de programas doctorales en el área, y en la vecina Venezuela, se llegaba a siete (Páez, 1985). Para 1987, tan solo el 1% de los matriculados pertenecía al nivel doctoral (Soto Arango, 2009) y únicamente el 2,5% de los docentes de educación superior contaba con doctorado (Jaramillo, 2009). Claramente, la creación de programas doctorales requiere una masa crítica de investigadores formados, financiación para los doctorandos, inversión en infraestructura y recursos para el desarrollo de la investigación, piedra angular de la formación doctoral. La carencia de todos estos elementos retrasó el proceso de creación de programas doctorales, incrementó la fuga de

cerebros (Andres et al., 2015) e hizo de Colombia un país principalmente receptor de conocimiento producido en otras latitudes, con pocos investigadores, y con indicadores pobres de productividad (*Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022* (Gobierno de Colombia, 2017)).

El gobierno nacional, en aras de fomentar el desarrollo competitivo y sostenible que permita el diálogo horizontal con sus pares, convocó a insignes miembros de la comunidad académica nacional e internacional para alimentar con sus voces las políticas públicas.¹ La denominada Misión Internacional de Sabios se organizó en ocho ejes de trabajo que abarcaron el espectro de las potencialidades y las necesidades de la sociedad colombiana. Al término, la Misión propuso directrices sobre el crecimiento científico y tecnológico, llamando al trabajo aunado entre el gobierno, la academia y el sector privado para responder a las necesidades del país (Misión Internacional de Sabios-2019, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2020).

A la par del trabajo de la Misión, el gobierno nacional creó el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación –MinCiencias– (Ley 1951 de 2019; Wight, 2019) luego de 50 años de actuación del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) como ente director de la actividad científica del país. La creación de MinCiencias reconoce para Colombia el valor axial que el desarrollo científico y tecnológico tiene en la agenda de progreso de un país (Agudelo-Zapata, 2017). Además de todos estos retos, la academia debe responder contribuyendo al entendimiento de la génesis de los problemas, así como a la generación de conocimiento de transferencia a corto, mediano y largo plazo.

En este contexto, la universidad, como escenario por antonomasia desde el cual la sociedad se piensa y se transforma, debe actuar como constructora, formando investigadores con la más alta preparación. Es a través de la creación, apropiación y transferencia de conocimiento que se alcanza el desarrollo, la competitividad, el bienestar y la cohesión de la sociedad. Por ello, es urgente la creación de nuevos programas doctorales de la mano de estrategias que incrementen la inversión en ciencia y la apropiación del conocimiento por las esferas económica, social y ambiental (*Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022* (Gobierno de Colombia, 2017); *Proyecto oferta Colciencias: Formación de capital humano de alto nivel* (Doctorado y/o maestría investigativa).

En reconocimiento a los retos y principios descritos anteriormente y al impacto de la formación doctoral y la investigación que de ella deriva, la Universidad del Rosario presenta el DCN para ampliar la cobertura de programas doctorales en el país. El DCN es una propuesta sólida, construida sobre un cuerpo docente multidisciplinar, reconocido nacional e internacionalmente, y orientado a la investigación de transferencia a corto, mediano y

¹ Instalación de la Misión Internacional de Sabios-2019 por el presidente Iván Duque.
<https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/190208-Palabras-del-Presidente-Ivan-Duque-en-la-instalacion-de-la-Mision-de-Sabios.aspx>

largo plazo. El DCN se distinguirá por: i) la flexibilidad en su plan curricular, ii) su visión interdisciplinar, iii) el apoyo financiero a través de asistencias graduadas y iv) la estrategia rosarista del aprender a aprender. Además, la estructura curricular del DCN refleja la riqueza de la comunidad científica sobre la que se funda, la cual permite la formación de investigadores que pueden contribuir a la solución de un amplio rango de desafíos incluyendo, pero no limitándose, al cambio climático, la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible, el conocimiento y la conservación de la biodiversidad, la relación del hombre con su entorno y la salud humana.

El DCN convoca a profesionales idóneos para desarrollar su autonomía y capacidad de investigación durante cuatro años de formación presencial de dedicación completa. Al término de este periodo, el egresado se distinguirá por su creatividad, liderazgo y capacidad de trabajar en equipos intra, inter, multi o transdisciplinarios, en los sectores público y privado de la sociedad, incluyendo los institutos de investigación, la academia y la industria. Cabe resaltar que existen múltiples nichos de vinculación, incluyendo los sectores público y privado de la sociedad, los institutos de investigación y la industria, que aún no han sido ocupados por los doctores en ciencias, que en su mayoría ejercen sus actividades dentro de la academia (*Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (Gobierno de Colombia, 2017)*).

1.2 Misión y visión

1.2.1 Visión

El Doctorado en Ciencias Naturales será un referente nacional y regional, y la primera opción para profesionales que busquen una formación doctoral de excelencia en ciencias naturales. A través de la docencia, la investigación y la extensión, el DCN generará ideas y estrategias innovadoras y sostenibles para la resolución de problemas de la sociedad colombiana y el medio ambiente. El programa contribuirá al conocimiento, la valoración, y el uso responsable y sostenible de la riqueza de los recursos del país y de la región.

1.2.2 Misión

El Doctorado en Ciencias Naturales tiene como misión la formación de investigadores autónomos, objetivos, creativos, críticos y capaces de generar conocimiento que contribuya al beneficio y la transformación de la sociedad, y al conocimiento, protección y uso sostenible del medio ambiente mediante investigación básica y aplicada. En consonancia con la misión institucional de impartir una sólida formación ética, humanística y científica, el DCN entregará a la sociedad personas insignes que actúen en beneficio del bien común, con un máximo sentido de responsabilidad.

1.3 Prospectiva

La materialización de la visión del DCN –ser un referente nacional y regional; un generador de ideas y estrategias innovadoras y sostenibles para la resolución de problemas de la sociedad colombiana y el medio ambiente; y un promotor del conocimiento, la valoración, y el uso responsable y sostenible de la riqueza de los recursos del país y de la región– se alcanzará a través del cumplimiento de las funciones sustantivas de formación, investigación y extensión, para lo cual el DCN cuenta con los planes de acción y desarrollo que se describen a continuación.

1.3.1. Docencia

Debido a que el DCN se inscribe académica y administrativamente en la FCN, y a que esta proyecta la apertura del pregrado en Ciencias del Sistema Tierra, la vinculación de nuevos profesores para este programa servirá de apoyo para el DCN. Este pregrado planea la vinculación de 10 profesores de carrera, con contrato a término indefinido, con dedicación total a la FCN. El perfil de estos profesores incluirá formación doctoral y, preferiblemente, experiencia posdoctoral en las siguientes áreas: biogeoquímica, geología, hidrología, climatología, política económica-ambiental, geofísica, ciencias de la sostenibilidad, glaciología, energías alternativas-geoingeniería, ciencias del sistema Tierra (Tabla 1).

Tabla 1. Plan de vinculación profesoral

Objetivos	Metas	Actividades a desarrollar	Indicadores	Responsables	Recursos requeridos
Vincular profesores-investigadores que fortalezcan la investigación y la formación de estudiantes doctorales en el programa Ciencias del Sistema Tierra	Contratar en los próximos siete años a diez profesores de carrera con vinculación de tiempo completo en diferentes áreas requeridas para el fortalecimiento del programa de Ciencias del Sistema Tierra	Convocatorias internacionales	No. de postulantes	Decanatura Facultad de Ciencias Naturales Dirección del programa de Ciencias del Sistema Tierra	Anuncio en revistas y páginas web internacionales de oferta laboral académica
		Contratación anual de dos profesores	No. de profesores contratados	Sindicatura Dirección Administrativa y Financiera Decanatura Facultad de Ciencias Naturales	Recursos financieros

Fuente: elaboración propia, 2020

De otra parte, el cuerpo existente de docentes-investigadores se actualiza constantemente con el fin de mejorar sus estrategias formativas. Como parte de ello, la Dirección Académica,

dependencia de la Vicerrectoría Académica, ofrece semestralmente un portafolio de cursos de Desarrollo Profesional a los profesores de carrera y de cátedra de todas sus escuelas y facultades, a través del Centro de Enseñanza-Aprendizaje y Trayectoria Profesional (CEAP). Los profesores de carrera deben incluir en su plan de trabajo por lo menos 16 horas de desarrollo profesional al año, lo cual garantiza que la actualización sea permanente. Los cursos tienen como objetivo brindar un escenario amplio de formación en el cual el profesor puede reflexionar, discutir y explorar conceptos y herramientas que favorezcan el fortalecimiento de los conocimientos y las habilidades que ponen en juego para su labor docente en el marco del aprender a aprender. Con el fin de promover un fortalecimiento integral del cuerpo profesoral de la Universidad, se han establecido ocho líneas de formación a la que se articulan cursos en: i) Pedagogía y didáctica; ii) Desarrollo personal; iii) Herramientas y entornos digitales; iv) Internacionalización e interculturalidad; v) Relaciones entre extensión y docencia; vi) Investigación e innovación; vii) Evaluación del aprendizaje; viii) Gestión académica.

La oferta de estos cursos se publica semestralmente en el sitio web de la Dirección Académica. Adicionalmente, la Universidad ofrece becas para la realización de estancias en investigación y en docencia en universidades extranjeras, para lo cual los profesores se deben postular a las convocatorias publicadas. En todos los casos, el director del programa informará a la comunidad para que participen en estas iniciativas de mejoramiento de su desempeño de los profesores. La Tabla 2 describe las estrategias para ampliar la formación en pedagogía y didáctica de los docentes.

Tabla 2. Estrategias de formación en docencia para el Doctorado en Ciencias Naturales

Metas	Actividades a desarrollar	Indicadores	Responsables	Recursos requeridos
Objetivo. Ampliar la formación de los docentes en pedagogía y didáctica				
Mejorar la calidad de la docencia	Cursos de desarrollo profesoral dirigidos al mejoramiento pedagógico	Asistencia y aprobación de cursos de desarrollo profesoral	Centro de Enseñanza, Aprendizaje y Trayectoria Profesoral (CEAP) Decanatura FCN	Plataforma y espacios para el desarrollo de los cursos y capacitadores
Optimizar el uso de herramientas didácticas	Acompañamiento pedagógico Observaciones de clase Asistencia en el manejo de recursos y herramientas virtuales Formación pedagógica en herramientas pedagógicas	Solicitud de acompañamiento del CEAP	CEAP Decanatura FCN	Plataforma y espacios para el desarrollo de los cursos y capacitadores
Fomentar el intercambio de experiencias en docencia	Estancias de docencia	Postulación, desarrollo de la estancia y entrega del reporte correspondiente	Dirección Académica, Decanatura FCN	Apoyo financiero para becas de estancias cortas de docencia
Incentivar la innovación pedagógica	Semilleros de innovación	Solicitud de acompañamiento al CEAP y el Centro e-learning	Decanatura CEAP	

Fuente: elaboración propia, 2020

1.3.2. Investigación

Con el fin de alcanzar las metas en investigación, el DCN cuenta con un plan articulado con las inversiones y planes de la FCN y de la Universidad (Tabla 3). Por una parte, en 2021, la Universidad iniciará la ejecución del plan de construcción de las nuevas instalaciones, que incluirán más de 2.500 m² asignados a la FCN, de los cuales 1.047 m² corresponderán a 11 laboratorios de investigación, 897 m² a siete laboratorios de docencia y 280,54 m² a invernaderos. Además, los doctorandos también podrán hacer uso de espacios y equipos a través del acuerdo de cooperación firmado por la Universidad del Rosario, la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad de los Andes (2018), cuya meta es impulsar la agenda de investigación alrededor de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (ONU, 2015).

Tabla 3. Plan de desarrollo de investigación del Doctorado en Ciencias Naturales

Nombre del proyecto	Objetivos	Meta	Descripción	Recursos requeridos	Población objetivo
Fortalecimiento curricular para la investigación	-Expandir la oferta de electivas	Consolidar la formación teórica y metodológica a través de una oferta interdisciplinar más amplia	Este proyecto articula la docencia con la investigación mediante el diseño de cursos que fortalecen las competencias para investigación de los estudiantes	Horas de dedicación de profesores al DCN a través de cursos	Estudiantes del DCN
Fortalecimiento de redes de investigación	- Facilitar la movilidad saliente y entrante en el DCN - Organizar eventos científicos nacionales e internacionales - Incrementar la diversidad de figuras de talento científico	Ubicar al DCN como nodo de redes de investigación nacional e internacional	Este proyecto relaciona la comunidad académica del DCN con el sector externo	- Financiación para movilidad - Financiación para organización de eventos - Financiación para apoyo a figuras de talento científico	Estudiantes y profesores del DCN, investigadores nacionales e internacionales
Optimización del uso de espacios y recursos	- Favorecer el uso de la Estación Experimental de Campo - Aumentar el uso del clúster de cómputo de alto desempeño (HPC)	Maximizar el uso de recursos disponibles para investigación	Este proyecto asegura que la investigación haga uso de los recursos existentes	Levantamiento de inventarios de recursos y espacios	Estudiantes, profesores e investigadores asociados al DCN
Consolidación de la comunicación científica	- Incrementar la publicación de artículos en revistas científicas - Favorecer la comunicación con la comunidad a través de la divulgación científica - Organizar eventos científicos nacionales e internacionales	Fortalecer la visibilidad del DCN y la comunicación con la comunidad académica y el sector externo	Este proyecto articula la generación de conocimiento con la divulgación a la comunidad académica y no académica	- Espacios académicos para presentaciones - Financiación para organización de eventos - Financiación para investigación	Comunidad académica interna y externa, sector externo
Fortalecimiento de los recursos para investigación	- Apoyar la presentación de propuestas de investigación a convocatorias por estudiantes del DCN - Disponer de mayores recursos para investigación y movilidad	Promover la gestión de recursos por parte de los estudiantes	Este proyecto permite que los estudiantes apliquen los conocimientos sobre la gestión de proyectos para la consecución de recursos	Soporte de las dependencias para identificar las fuentes de financiación y los procesos de postulación a convocatorias	Estudiantes del DCN

Fuente: elaboración propia, 2020.

Además, los docentes-investigadores también mejorarán sus competencias en investigación. La Tabla 4 discrimina la propuesta de formación en cada uno de los objetivos planteados.

Tabla 4. Estrategias de formación en investigación para el Doctorado en Ciencias Naturales

Metas	Actividades a desarrollar	Indicadores	Responsables	Recursos requeridos
Objetivo. Fortalecer la gestión en investigación				
Fomentar la internacionalización y el intercambio de experiencias en investigación	Estancias de investigación	Postulación, desarrollo de la estancia y entrega del reporte correspondiente	Dirección Académica, Decanatura FCN, Cancillería	Apoyo financiero interno y externo
Mejorar la calidad de la investigación	Cursos de desarrollo profesoral dirigidos al mejoramiento de la investigación	Asistencia y aprobación de cursos de desarrollo profesoral	CEAP, Decanatura FCN	Plataforma y espacios para el desarrollo de los cursos y capacitadores
Fortalecer las competencias en investigación e integridad científica	Desarrollo de las actividades asociadas a las Insignias Digitales de trayectoria en investigación	Insignia Digital	Dirección de Investigación e Innovación, Centro e-learning	Plataforma de la Dirección de Investigación e Innovación

Fuente: Elaboración propia, 2020

1.3.3 Extensión

Para materializar los objetivos de Extensión institucional y de la FCN, el DCN desarrollará un plan para –con base en su mayor fortaleza, la investigación– proyectar su accionar en la sociedad, de manera que sus productos trasciendan la academia para contribuir al desarrollo y fortalecimiento de los sectores público, privado, productivo y social, y al mejoramiento de la calidad de vida de la población. En la Tabla 5 se exponen las intencionalidades del DCN respecto a esta función sustantiva de la Universidad.

Tabla 5. Plan de Relación con el Sector Externo del Programa

Nombre del proyecto	Objetivo	Descripción	Población objetivo
Cursos de corta duración	Gestionar cursos de corta duración	Los docentes-investigadores participarán como profesores en cursos cortos nacionales e internacionales, de pregrado y posgrado, en temáticas relacionadas con los proyectos realizados	Comunidad científico-académica
Educación continuada	Ofrecer cursos de educación continua a través de Educon	Los docentes-investigadores diseñarán cursos de educación continua con el apoyo de Educon	Personas con formación profesional
Socialización de la gestión investigativa	Socializar la actividad investigativa con las comunidades involucradas	Los investigadores y los docentes que desarrollen proyectos que involucren a la comunidad, organizarán charlas en las que socialicen las características y los alcances, los avances y los resultados de los proyectos	Comunidades involucradas

Nombre del proyecto	Objetivo	Descripción	Población objetivo
Divulgación de la producción científica	Gestionar actividades de divulgación científica para público en general	Los docentes-investigadores buscarán espacios de comunicación de la producción de la investigación adaptándolo para público general	Público general
Servicios a la industria	Establecer vínculos con la industria	Los docentes-investigadores establecerán vínculos con la industria para aplicación/transferencia de tecnología producto de la investigación	Industrias alimenticias, apicultores, farmacéuticas
Portafolio de asesoría	Diseñar un portafolio de asesorías para diferentes sectores	Los docentes-investigadores diseñarán un portafolio con la oferta de asesorías con base en sus fortalezas en investigación	Academia, sector productivo, sector público, industria
Portafolio de consultorías	Diseñar un portafolio de consultorías para diferentes sectores	Los docentes-investigadores diseñarán un portafolio con la oferta de consultorías con base en sus fortalezas en investigación	Academia, sector productivo, sector público, industria
Publicación	Publicar artículos en revistas Q1 y Q2 Publicar capítulos o libros con estándares	Los docentes-investigadores postularán artículos producto de su investigación o de su reflexión sobre su objeto de estudio o quehacer docentes en revistas del alto impacto Los docentes-investigadores postularán capítulos o libros para publicación en editoriales nacionales o internacionales, comerciales o universitarias	Comunidad académica y científica
Pasantías	Establecer convenios con instituciones académicas o de investigación, nacionales o internacionales para promover las pasantías entre sus estudiantes y docentes	La dirección del DCN buscará convenios con instituciones nacionales o internacionales para que estudiantes y profesores amplíen sus horizontes y desarrollen competencias profesionales y multiculturales	Estudiantes y profesores del DCN
Egresados	Establecer vínculos con los egresados	La dirección del DCN creará líneas de comunicación con los egresados para hacerlos partícipes en actividades de divulgación y formación	Egresados
Profesores extranjeros	Invitar a expertos extranjeros para participar en debates académicos, presentación de investigaciones en curso o terminadas, entre otros	Los docentes-investigadores promoverán la participación de invitados extranjeros de las redes a las cuales se encuentran vinculados	Comunidad académica del DCN

Fuente: elaboración propia, 2020

Finalmente, los profesores también podrán acceder a cursos de desarrollo profesoral enfocados en mejorar sus competencias de gestión en extensión (Tabla 6).

Tabla 6. Estrategias de formación en gestión en extensión para el Doctorado en Ciencias Naturales

Metas	Actividades a desarrollar	Indicadores	Responsables	Recursos requeridos
Mejorar las competencias de los docentes para gestionar proyectos y actividades de extensión	Cursos de desarrollo profesoral enfocados a formación en extensión	Asistencia y aprobación de cursos por parte de los docentes del programa	CEAP Decanatura FCN Dirección de Investigación e Innovación	Plataforma y espacios para el desarrollo de los cursos y capacitadores

Fuente: Elaboración propia, 2020

1.4 Funciones sustantivas del programa

1.4.1 Docencia

1.4.1.1 Modelo pedagógico del Programa

En el marco del aprendizaje centrado en el estudiante, la Universidad del Rosario –de acuerdo con los lineamientos establecidos en el PEI (Universidad del Rosario, 2018)²– asume el enfoque de aprender a aprender como principio fundamental y oportunidad pedagógica. En consecuencia, el *aprender a aprender* se concibe en la universidad como una forma de reconocimiento de las capacidades individuales y del entorno, como un proceso de administración del aprendizaje que implica la autogestión y el control de las propias capacidades y conocimientos. Aprender a aprender articula tanto el pensamiento estratégico como la capacidad de cooperar, de autoevaluarse, y el manejo eficiente de un conjunto de recursos y estrategias de estudio por medio de la vivencia de experiencias de aprendizaje conscientes.

Desde esta perspectiva, el aprender a aprender presenta las siguientes acepciones clave:

- **Aprendizaje activo:** entornos que propician la reflexión, interacción, comunicación y colaboración, y en donde la concepción de rutas y secuencias pedagógicas posibilitan experiencias orientadas a que el estudiante sea participante activo de su propio proceso de aprendizaje.
- **Aprendizaje constructivo:** construcción propia establecida por medio de la gestión y conciencia de los procesos cognitivos, esta construcción solo se hará presentes en la medida que se den las alternativas para que la experiencia personal sea extensiva a diversos escenarios de interacción y reflexión y permita la reconstrucción de la estructura cognitiva.
- **Aprendizaje autorregulado:** reflexión alrededor de los resultados propios de aprendizaje, en donde se establecen estrategias, dinámicas y motivaciones personales de aprender, esta reflexión es guiada por el rol del profesor en el

² Proyecto Educativo Institucional. Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Disponible en <http://www.urosario.edu.co/La-Universidad/documentos/Proyecto-Educativo-Institucional> UR web/

descubrimiento de posibilidades y capacidades para el logro de los resultados de aprendizaje.

- **Aprendizaje colaborativo:** potencia la interacción y trabajo conjunto en escenarios de discusión y construcción para la obtención de los resultados de aprendizaje, las actividades de colaboración y los escenarios de interacción y comunicación enriquecen la comparación de estructuras cognitivas y la significación de los contenidos en escenarios fuera de lo personal.
- **Aprendizaje significativo:** escenarios y actividades donde se aprovechan los conocimientos previos para el entendimiento de nuevas situaciones y contextos, facilitando la significación real del conocimiento.

Por otra parte, el enfoque de aprender a aprender, implica que los actores del proceso educativo cuenten con las características enunciadas en la Tabla 7.

Tabla 7. Características de los actores del proceso educativo

Estudiante	Profesor
<ul style="list-style-type: none"> • Protagonista y agente principal de su proceso formativo. • Responsable con sus procesos de aprendizaje. • Consciente de la relación entre el proceso de autorregulación y el éxito académico. • Conoce cuáles son sus capacidades y conocimientos, así como lo que debe hacer para conseguir aprender, y las estrategias que le van bien. • Capaz de ajustar su conducta a las tareas o actividades de aprendizaje que se le proponen. • Son conscientes de sus emociones, mostrándose capaces de controlarlas. • Lleva a cabo su aprendizaje a través de la puesta en práctica de una serie de estrategias de aprendizaje de todo tipo, según la importancia que le conceda. • Supervisa la eficacia de sus hábitos y estrategias de aprendizaje, cambiando, si lo estima necesario, una estrategia por otra que considere más eficaz, o reestructurando el ambiente físico o social para la consecución de los fines perseguidos. • Sabe crear ambientes favorables de estudio y aprendizaje. • Se muestra capaz de generalizar y transferir las estrategias autorreguladoras a situaciones diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Media el aprendizaje, facilitar y orienta en el encuentro del estudiante con el conocimiento. • Explora las concepciones que los estudiantes y que los profesores mismos tienen frente al aprendizaje y la disciplina. • Realiza actividades en el aula que lleven a los estudiantes a regular su propio proceso de aprendizaje. • Ayuda a que los estudiantes hagan las atribuciones adecuadas a sus éxitos y fracasos. • Promueve el pensamiento crítico y reflexivo. • Propicia el trabajo colaborativo. • Evalúa según los principios de la evaluación formativa.

Fuente: Patarroyo & Navarro, 2017.

Para desarrollar el aprender a aprender de forma transversal en la comunidad académica, la Universidad concibe estrategias pedagógicas activas centradas en el estudiante, dentro de las que se encuentran estudios de casos, proyectos concretos de investigación, discusiones en pequeños grupos, discusiones generales, análisis de problemas, análisis de retos, entre otras.

En consonancia con los lineamientos pedagógicos de la Universidad y la filosofía que les subyacen, el DCN entiende que la investigación –materializada en el ciclo de investigación y objeto central de la formación de doctorado– se aprende a hacer haciendo. En ese sentido, los cursos teóricos, prácticos y teórico-prácticos promueven la participación activa del estudiante, quien se debe asumir como constructor de sus propias comprensiones, conocimientos, prácticas, habilidades y destrezas para la adecuada conducción de su tesis doctoral. El hecho de que el estudiante cuente con el apoyo de su director, quien –además de guiarlo tanto en lo metodológico como en lo conceptual– lo hace tomar conciencia de sus procesos de pensamiento, de sus vacíos y de cómo llenarlos, con el fin de regular sus procesos de aprendizaje, respondiendo a lo que visualiza la Universidad sea la formación de sus estudiantes; en otras palabras, que aprendan a aprender. Esto conlleva a que, en la medida en que se avanza en el plan de estudios, el estudiante sea cada vez más autónomo, capaz de solucionar problemas, de evaluar su pensamiento y de responder a las demandas de su comunidad académica inmediata.

Por otro lado, el trabajo de observación o de recolección de datos y su análisis –en campo, en laboratorio o en plataformas de análisis computacional– implica que el estudiante de doctorado interactúe con sus pares y con otros investigadores para intercambiar conocimientos y destrezas, y para la co-construcción de conocimientos. Adicionalmente, estos escenarios, espacios reales para el ejercicio científico, conllevan a una mayor comprensión del objeto de estudio en un contexto en el cual cobran significado todas las experiencias de formación –cursos teóricos, teórico-prácticos, prácticos y pasantías– que ha diseñado el DCN para que sus estudiantes cuenten con un nicho favorable para el cumplimiento de sus metas personales, académicas y de formación como investigadores del más alto nivel. De manera similar, en las asignaturas Tópicos de Investigación los estudiantes aprenden de gestión de la investigación con protagonistas reales de la producción científica institucional, local, nacional e internacional.

Así, con estas estrategias pedagógicas, con didácticas propias de procesos de enseñanza-aprendizaje en contextos reales, con estrategias educacionales apropiadas para el tipo de crédito de cada asignatura –lecturas, conferencias, estudios de caso, resolución de problemas, laboratorios, reportes, talleres, entre otros– y con un pretexto único que es su tesis doctoral, se espera que semestre a semestre los estudiantes alcancen sus RAE.

Finalmente, el DCN cuenta con suficientes recursos tecnológicos, de laboratorios, bibliográficos y de apoyo informático para la formación de los estudiantes.

1.4.1.2 Profesores del Programa

El DCN cuenta con un número suficiente en cantidad y formación de profesores vinculados en carrera académica a la FCN. La Tabla 8 relaciona los docentes-investigadores que llevarán a cabo las tareas de docencia, investigación y extensión dentro del programa (Anexo 9). El ingreso, la permanencia, la evaluación, la capacitación y la promoción de los profesores de

carrera académica se encuentran establecidos en el Estatuto del Profesor Universitario³ reglamentación aplicable para los profesores del DCN.

Tabla 8. Profesores del Doctorado en Ciencias Naturales

Nombre Profesor	Máximo nivel de formación obtenido/área de conocimiento/año de graduación	Categoría según escalafón institucional (1)	Tipo de vinculación (TC -MT - Cátedra) (2)	Tipo	Años de experiencia			Nivel de actividad (alto, medio, bajo)		
					Profesional	Docencia	Específicamente en la UR	Asociaciones	Desarrollo profesional	Asesoría / consulta (4)
Edwin Alberto Cadena	PhD Geology, North Carolina State University, 2012	Profesor Asociado de Carrera	TC	TI	17	4	2	M	A	B
Nicola Clerici	Dottore di Ricerca Ecologia, Università Degli Studio di Parma, 2006	Profesor Titular de Carrera	TC	TI	19	6	7	M	A	B
Adriana Corrales	PhD Plant Biology, University of Illinois in Urbana-Champaign, 2016	Profesor Principal de Carrera	TC	TI	13	6	2	M	A	B
Katharine N. Farrell	PhD Politics, Queen's University Belfast, 2005	Profesor Asociado de Carrera	TC	TI	25	16	2	M	A	B
Mauricio Linares	PhD Biology, University of Texas At Austin, 1989	Profesor Titular de Carrera	TC	TI	35	35	9	B	A	B
Adriana A. Maldonado Chaparro	PhD Biology University of California, Los Angeles, 2015	Profesor Principal de Carrera	TC	TI	16	9	0,5	M	A	B
María Martínez Agüero	Doctorado Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Javeriana, 2009	Profesor Principal de Carrera	TC	TI	19	18	7	M	A	B
Fredy Mesa	Doctorado Ciencias-Física, Universidad Nacional de Colombia	Profesor Titular de Carrera	TC	TI	17	17	6	B	A	B
Carolina Pardo Díaz	PhD Zoology, University of Cambridge, 2014	Profesor Asociado de Carrera	TC	TI	12	6	6	M	A	B
César Payán Gómez	Doctorado Ciencias Biomédicas Universidad del Rosario, 2018	Profesor Principal de Carrera	TC	TI	20	12	10	B	A	B
Juan M. Posada	PhD Botany Universidad de Florida, 2003	Profesor Titular de Carrera	TC	TI	25	9	11	B	A	B

³ Decreto 946 de 2006 Reglamento de Ingreso, Promoción y Permanencia para Profesores de Carrera Académica de la Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Disponible en: <http://www.urosario.edu.co/Documentos/Administrativos/Decretos/Decreto-rectoral-946.pdf>

Nombre Profesor	Máximo nivel de formación obtenido/área de conocimiento/año de graduación	Categoría según escalafón institucional (1)	Tipo de vinculación (TC -MT - Cátedra) (2)	Tipo	Años de experiencia			Nivel de actividad (alto, medio, bajo)		
					Profesional	Docencia	Específicamente en la UR	Asociaciones	Desarrollo profesional	Asesoría / consulta (4)
Benjamin Quesada	PhD Meteorología y Ciencias del Clima, Institut Pierre-Simon Laplace, 2014	Profesor Principal de Carrera	TC	TI	10	1	2	M	A	B
Sandra Ramírez Clavijo	Doctorat Sciences de la Vie et de la Santé, Université de Paris XII, 1999	Profesor Titular de Carrera	TC	TI	32	18	18	B	A	B
Juan David Ramírez	Doctorado en Ciencias-Biología, Universidad de los Andes, 2013	Profesor Asociado de Carrera	TC	TI	12	12	5	M	A	B
André J. Riveros	PhD Insect Sciences, University of Arizona, 2009	Profesor Asociado de Carrera	TC	TI	27	15	2	M	A	B
James Edward Richardson	PhD Molecular Plant Sciences, University of Edinburgh, 1999	Profesor Titular de Carrera	TC	TI	17	16	5	B	A	B
Adriana Sánchez	PhD Biology, Wake Forest University, 2011	Profesor Asociado de Carrera	TC	TI	15	7	5	B	A	B
Camilo Salazar	Doctorado en Ciencias-Biología, Universidad de los Andes, 2006	Profesor Titular de Carrera	TC	TI	22	12	8	B	A	B
Carlos Valderrama Ardila	PhD, Biology. Tulane University of Louisiana	Profesor Asociado de Carrera	TC	TI	32	13	1	B	A	B
Victoria E. Villegas Gálvez	Doctorado Ciencias Biomédicas Universidad del Rosario, 2017	Profesor Asociado de Carrera	TC	TI	24	12	12	B	A	B

Fuente: Gestión Curricular, Facultad de Ciencias Naturales, 2020

Convenciones:

- (1) De acuerdo con el escalafón docente: Titular, Asociado, Asistente, Auxiliar o su equivalente
- (2) TC: Tiempo completo; MT: Medio Tiempo; HC: Hora cátedra
- (3) TI: Término indefinido; TF: Término fijo
- (4) A: Alto; M: Medio; B: Bajo

En síntesis, y de acuerdo con las políticas de vinculación de profesores de la FCN, el DCN contará con 20 profesores, todos con formación doctoral, con trayectoria en educación e investigación y vinculación de tiempo completo y contrato a término indefinido. Lo anterior garantizará el soporte para la docencia, la investigación y la extensión del programa y, lo más importante, la dirección de las tesis de los estudiantes.

La dedicación de tiempo para la docencia, la investigación y la extensión por parte del equipo de docentes-investigadores al programa es suficiente para cubrir las funciones sustantivas en el DCN. El director del programa contará con 20% de tiempo de su plan de trabajo para la gestión (Tabla 9).

Tabla 9. Dedicación de los profesores del programa

Profesor	Asignatura de plan de estudios	Créditos Académicos	Número de grupos	Horas semanales de docencia directa en el programa	Porcentaje del tiempo dedicado al programa	Distribución Actividad			
						Gestión académico administrativa	Docencia	Investigación	Proyección Social o extensión / Otros
Edwin Alberto Cadena	Seminario de Investigación I-V	10	1	4	20%	0%	45%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I-V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
Nicola Clerici	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	5%	40%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
Adriana Corrales	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	0%	45%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
Katharine N. Farrell	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	5%	40%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
	Filosofía y Métodos de las Ciencias Naturales	2							
Mauricio Linares	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	0%	45%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
Adriana A. Maldonado Chaparro	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	5%	40%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
María Martínez Agüero	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	10%	35%	50%	5%

Profesor	Asignatura de plan de estudios	Créditos Académicos	Número de grupos	Horas semanales de docencia directa en el programa	Porcentaje del tiempo dedicado al programa	Distribución Actividad			
						Gestión académico administrativa	Docencia	Investigación	Proyección Social o extensión / Otros
	Proyecto de Tesis Tesis I- V Electiva de Investigación I-III Bioética e Integridad Científica	4 48 11 2							
Fredy Mesa	Seminario de Investigación I- V Proyecto de Tesis Tesis I- V Electiva de Investigación I-III	10 4 48 11	1	4	20%	5%	40%	50%	5%
Carolina Pardo Díaz	Seminario de Investigación I- V Proyecto de Tesis Tesis I- V Electiva de Investigación I-III	10 4 48 11	1	4	20%	5%	40%	50%	5%
César Payán Gómez	Seminario de Investigación I- V Proyecto de Tesis Tesis I- V Electiva de Investigación I-III	10 4 48 11	1	4	20%	0%	45%	50%	5%
Juan M. Posada	Seminario de Investigación I- V Proyecto de Tesis Tesis I- V Electiva de Investigación I-III	10 4 48 11	1	4	20%	5%	40%	50%	5%
Benjamin Quesada	Seminario de Investigación I- V Proyecto de Tesis Tesis I- V Electiva de Investigación I-III	10 4 48 11	1	4	20%	5%	40%	50%	5%
Sandra Ramírez Clavijo	Seminario de Investigación I- V Proyecto de Tesis Tesis I- V Electiva de Investigación I-III	10 4 48 11	1	4	20%	0%	45%	50%	5%
Juan David Ramírez	Seminario de Investigación I- V Proyecto de Tesis Tesis I- V Electiva de Investigación I-III	10 4 48 11	1	4	20%	0%	45%	50%	5%

Profesor	Asignatura de plan de estudios	Créditos Académicos	Número de grupos	Horas semanales de docencia directa en el programa	Porcentaje del tiempo dedicado al programa	Distribución Actividad			
						Gestión académico administrativa	Docencia	Investigación	Proyección Social o extensión / Otros
André J. Riveros	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	50%	20%	35%	35%	10%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
James Edward Richardson	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	0%	45%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
Adriana Sánchez	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	0%	45%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
Camilo Salazar	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	0%	45%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
Carlos Valderrama Ardila	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	0%	45%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							
Victoria E. Villegas Gálvez	Seminario de Investigación I- V	10	1	4	20%	5%	40%	50%	5%
	Proyecto de Tesis	4							
	Tesis I- V	48							
	Electiva de Investigación I-III	11							

* Depende del número de estudiantes dirigidos por cada profesor.

Fuente: elaboración propia, 2020

Un número importante de profesores del DCN se encuentra vinculado a través de la investigación al sector externo. La tabla 10 presenta los proyectos.

Tabla 10. Profesores vinculados a proyectos de relación con el sector externo

No.	Nombre del profesor	Proyecto
1	Edwin Alberto Cadena	Fósiles que maravillan al mundo. Turismo paleontológico en la zona norte del desierto de la Tatacoa, Centro Poblado La Victoria, Huila
2	Nicola Clerici	Cambio del hábitat en el posconflicto: Sistema Nacional de Áreas Protegidas y sus efectos sobre recursos hidrológicos
3	Fredy Mesa	Desarrollo de biomateriales
4	Benjamin Quesada	Ecosistema de energías renovables en Puerto Carreño, Vichada en Colaboración con la Asociación Colombo Francesa COLIFRI
5		Impactos de los cambios de cobertura del suelo sobre los eventos hidrológicos extremos
6	Sandra Ramírez	Caracterización de células tumorales por impedancia y nanofotónica, mediante el uso de un prototipo de biochip
7		Impacto de los niveles de expresión de mamoglobina en la deregulación transcripcional de microRNAs y su aplicación clínica en cáncer de mama
8	Juan David Ramírez	New tools for indirect and <i>in situ</i> mapping of COVID-19 transmission in Venezuela and Venezuelan migrants in Colombia
9		Diagnóstico molecular de COVID-19
10	Andre J. Riveros	Desarrollo de tecnologías para la protección de los insectos polinizadores contra los efectos de los pesticidas
11	Victoria Villegas	Implementación de una metodología para extracción de vesículas extracelulares de líneas celulares y plasma humano
12		Determinación de nuevos marcadores moleculares (receptor de andrógenos-RA y GLI1) en el diagnóstico y pronóstico de cáncer de seno
13		Expresión de biomarcadores asociados con cáncer de seno en una población colombiana

Fuente: Dirección de Investigación, Facultad de Ciencias Naturales; Dirección de Investigación e Innovación, 2020

La planta de docentes-investigadores de la FCN es suficiente y adecuada en cuanto a formación y experiencia en investigación para soportar las funciones sustantivas del DCN y, en consecuencia, actuar como directores de tesis de los doctorandos. Como se evidencia en las tablas 8 y 9, los 20 profesores vinculados al programa pueden asumir todas las asignaturas del ciclo de Fundamentación Teórica y Metodológica y del ciclo de Investigación. El DCN planea recibir 10 estudiantes por periodo de admisión. Con ingreso anual, al término de la primera promoción se tendrán máximo 40, con 20 potenciales directores, cada uno de los cuales puede dirigir tres tesis doctorales, lo cual garantiza el acompañamiento formativo de todos los estudiantes.

1.4.2 Investigación

El DCN tiene como propósito formar investigadores éticos e íntegros con las más altas cualidades científicas y humanas. El DCN entiende la investigación como el conjunto de actividades que apuntan a la generación, divulgación y transferencia de nuevo conocimiento sobre la base del desarrollo del pensamiento científico y de las prácticas responsables. Las mejoras cuantitativas y sobre todo cualitativas en formación en investigación son el rasgo distintivo entre el doctorado y la maestría. Si bien los doctorandos son investigadores que intrínsecamente dedican un mayor tiempo al ejercicio de la investigación, son las cualidades de autonomía, creatividad y sólida fundamentación

teórica, rodeadas de la conciencia sobre la responsabilidad y el impacto social de su actividad científica, las que los distinguen.

El DCN estará adscrito a la FCN, que con tan solo 12 años de existencia se ha caracterizado por una nutrida, amplia y dinámica actividad de investigación demostrada en su cantidad y calidad de producción científica, la consecución de fondos para proyectos y la sólida red de colaboraciones y convenios nacionales e internacionales (Tablas 15 y 16). Esta experiencia enriquece y soporta directamente al DCN a través de visiones, misiones, agendas, alcances e impactos propios de los grupos de investigación (Tabla 17). Así, el DCN cuenta con 12 temáticas reflejadas en igual número de grupos de investigación que propenden por el desarrollo y fortalecimiento del proceso investigativo (Tabla 14). Esta oferta amplia asegura al doctorando encontrar un nicho para desarrollar sus intereses y visiones a la vez que se forma como investigador.

El DCN ofrecerá un escenario en el que los estudiantes cuentan con el acompañamiento y las herramientas necesarias para desarrollar investigación de punta, propia de la tesis doctoral. Además, los tiempos programados dedicados a la investigación se ajustan a la formación de investigadores de excelencia. En el DCN, el doctorando transita desde un ciclo de fundamentación teórica y metodológica hacia uno de investigación. El primer ciclo dedica 77% para el fortalecimiento teórico y 23% para la investigación. En el segundo ciclo, el doctorando dedica un 91% de su tiempo a la investigación. Durante estos ciclos, los escenarios para la formación en investigación dependen de las particularidades asociadas al proyecto de tesis de cada estudiante. El DCN pone a disposición las instalaciones de los laboratorios de investigación existentes en la Sede Quinta de Mutis (460 m²) la Estación Experimental de Campo “José Celestino Mutis” (12,5 hectáreas de extensión y 733,9 m² para instalaciones e invernaderos). En 2021, la Universidad iniciará la ejecución del plan de construcción de las nuevas instalaciones, que incluirán más de 2.500 m² asignados a la FCN, de los cuales 1.047 m² corresponderán a 11 laboratorios de investigación, 897 m² a siete laboratorios de docencia y 280,54 m² a invernaderos. Además, los doctorandos también podrán hacer uso de espacios y equipos a través del acuerdo de cooperación firmado por la Universidad del Rosario, la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad de los Andes (2018), y cuya meta es impulsar la agenda de investigación alrededor de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (ONU, 2015).

1.4.2.1 Formación investigativa de los estudiantes

El DCN busca la formación de investigadores autónomos y objetivos, capaces de contribuir a la generación de nuevo conocimiento básico y/o aplicado en ciencias naturales, a través del ejercicio del pensamiento científico en un marco ético e íntegro que responda a los problemas de la sociedad y el medio ambiente. Como estrategias para alcanzar estos propósitos el DCN: i) fortalece los fundamentos teóricos y metodológicos, ii) permite la

inmersión permanente en investigación práctica y, iii) genera espacios de realimentación. Estas estrategias están materializadas a través de los siguientes mecanismos:

Para el fortalecimiento de los fundamentos teóricos y metodológicos:

- *Oferta de cursos especializados.* El plan de estudios incluye cursos obligatorios y la FCN contempla la expansión del número de electivas que permiten una sólida formación conceptual que soporta las temáticas de investigación de la FCN.
- *Oferta de cursos dirigidos.* El plan de estudios incluye Seminarios de Investigación, espacios dirigidos a profundizar en el constructo teórico de la tesis del estudiante de la mano de su director y el grupo de investigación al cual se vincule.

Para la inmersión permanente en investigación práctica:

- *Componente electivo de investigación.* Permite que los estudiantes que tengan las competencias suficientes al inicio del programa puedan utilizar su componente electivo para desarrollar sus habilidades en investigación desde el primer semestre.
- *Pasantía de investigación.* Expone al doctorando a diferentes visiones y formas de desarrollar la investigación.

Para la generación de espacios de realimentación:

- *Discusiones académicas.* Los Seminarios de Investigación y Tópicos de Investigación fortalecen la capacidad de comunicación, argumentación y pensamiento crítico. Además, favorecen la participación en redes internas y la realimentación de su ejercicio académico desde múltiples visiones.
- *Evaluación por pares.* Los Seminarios de Investigación, el Proyecto de Tesis, y la evaluación semestral del director de tesis brindan un espacio para reconocer los retos y los aciertos para redirigir la gestión de la tesis.

Finalmente, la organización en dos ciclos –fundamentación teórica y metodología e investigación– y el elevado porcentaje de créditos invertidos en investigación, garantizan los espacios académicos en los cuales el estudiante se forme como investigador y lleve a buen término su tesis.

1.4.2.2 Profesores vinculados a la investigación del programa

La FCN ha conformado un cuerpo profesoral altamente calificado y reconocido nacional e internacionalmente en sus respectivos campos de acción. El proyecto de la Universidad facilitó la consolidación de un equipo alrededor de la visión de la docencia-investigación en el documento *Fomento al Talento Científico (2016-2019)* (Anexo 1). El DCN convoca a los profesores de la FCN con formación doctoral y actividad investigativa vigente. El profesor del DCN es un investigador activo en la búsqueda de recursos, vinculado a grupos de investigación, con hoja de vida registrada en Colciencias, con producción científica de

impacto (medido en el índice h) y con vinculación a redes de investigación. La Tabla 11 describe los perfiles de los profesores vinculados a investigación que participarán en el DCN.

Tabla 11. Profesores que atienden investigación del Doctorado en Ciencias Naturales

Profesor	Formación	Experiencia adicional en investigación	Años de experiencia en investigación	Productos	Índice h
Edwin Alberto Cadena	Geología (U. Industrial de Santander). MSc (U. of Florida). PhD (North Caroline State University)	Alexander von Humboldt Foundation	17	71	16
Nicola Clerici	Ciencias Ambientales (U. di Parma). MSc (U. College London). PhD (U. di Parma)	European Commission Joint Research Center	19	48	16
Adriana Corrales	Ingeniería Forestal (U. Nacional de Colombia). Magíster. (U. Nacional de Colombia). PhD (U. Illinois-Urbana)	U. Florida	13	24	8
Katharine N. Farrell	B. A. (U. New Jersey)-MSc (NSSR). MSc (U. Dublinensis). PhD (Queen's University Belfast)	U. of Tokushima. Humboldt-Universität zu Berlin	25	82	17
Mauricio Linares	Biología (U. de los Andes). PhD (U. Texas)	Pontificia Universidad Javeriana. U. de los Andes	35	44	24
Adriana A. Maldonado Chaparro	Biología (U. Nacional de Colombia). Magíster (U. Nacional de Colombia). PhD (U. of California)	U. of California Max Planck Institut für Ornithologie U. Nacional Abierta y a Distancia U. Pedagógica Nacional	16	29	11
María Martínez Agüero	Biología (Pontificia Universidad Javeriana). Doctorado (Pontificia Universidad Javeriana)	Pontificia Universidad Javeriana	19	21	7
Fredy Mesa	Licenciatura en Física (U. Distrital Francisco José de Caldas). Magíster (U. Nacional de Colombia). Doctorado (U. Nacional de Colombia)	U. Nacional de Colombia U. Antonio Nariño U. Distrital Francisco José de Caldas U. Libre	17	73	12
Carolina Pardo Díaz	Microbiología (U. de los Andes). PhD (U. of Cambridge)	U. del Rosario	12	29	12

Profesor	Formación	Experiencia adicional en investigación	Años de experiencia en investigación	Productos	Índice h
César Payán Gómez	Medicina (U. del Valle). Magíster (U. Nacional de Colombia). Doctorado (U. del Rosario)	Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud Corporación Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas	20	28	11
Juan M. Posada	Biología (U. Los Andes). PhD (U. of Florida, Gainesville)	U. Florida, U. McGill, U. Quebec	25	30	17
Benjamin Quesada	Ingeniería Industrial (U. Politécnica de Valencia). MSc (Institut Pierre-Simon Laplace) MSc (Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers). Doctorat Météorologie Océanographie Physique de L'Environnement (L'Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines)	Karlsruhe Institute of Technology Institute for Meteorology and Climate Research (IMK-IFU) Bricorama Instituto de Ingeniería Energética- UPV Commissariat à l'Énergie Atomique Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement	10	27	10
Sandra Ramírez Clavijo	Licenciatura en Biología (U. Pedagógica Nacional). Magíster (Pontificia Universidad Javeriana). PhD (Université de Paris XII)	U. Militar Nueva Granada Instituto Inbiogen Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia U. de la Sabana Pontificia Universidad Javeriana	32	58	8
Juan David Ramírez	Microbiología (U. de los Andes). Magíster (U. de los Andes). Doctorado (U. de los Andes)	NIH, Universidad del Rosario	12	131	33
James Edward Richardson	Biología (U. Leicester). MSc (U. Reading). PhD (U. Edinburgh)	Royal Garden Edinburgh, U. California. U. of Wageningen	27	85	37
André J. Riveros	Biología (Universidad Nacional de	U. Arizona, STRI, U. Nevada. Pontificia	17	28	13

Profesor	Formación	Experiencia adicional en investigación	Años de experiencia en investigación	Productos	Índice h
	Colombia). PhD (U. of Arizona)	Universidad Javeriana			
Adriana Sánchez	Biología (U. de los Andes). Magíster (U. de los Andes). PhD (Wake Forest University)	Wake Forest University, U. del Rosario	15	26	10
Camilo Salazar	Microbiología (U. de los Andes). Magíster (U. de los Andes). Doctorado (U. de los Andes)	U. Cambridge, STRI. U de los Andes	22	55	29
Carlos Valderrama Ardila	Biología (U. de los Andes), Magíster (U. de los Andes). PhD (Tulane University)	Wildlife Conservation Society	32	10	7
Victoria E. Villegas Gálvez	Licenciatura Biología y Química (U. del Valle) Doctorado (U. del Rosario)	Plant Breeding International, Cambridge	24	41	11

Fuente: elaboración propia a partir de DAF y Google Scholar, 2020

1.4.2.3 Estructura de la investigación en el programa

1.4.2.3.1 Líneas, grupos y semilleros de investigación

En la FCN las líneas de investigación tienen una estructura flexible, organizada alrededor de los intereses reflejados por los grupos de investigación. Las líneas de investigación de los grupos cubren un amplio espectro de preguntas de investigación básica y aplicada, en todos los niveles de organización biológica y en problemáticas locales, regionales, nacionales y globales. En el DCN se incorporan 11 de los grupos de investigación existentes en la FCN (Tablas 12 y 13). A continuación se describe el marco de trabajo y los objetivos de investigación de cada grupo.

Ciencias Básicas Médicas

El grupo trabaja en la identificación de biomarcadores, no solo de cáncer sino también del efecto y la susceptibilidad de daño genotóxico causado por la exposición a sustancias nocivas como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, utilizados en la elaboración de insumos de pinturas de autos, clasificados por la IARC (Agencia Internacional de Investigación Contra el Cáncer) en el grupo 1 de cancerígenos. El cáncer de mama, uno de los objetos de estudio del grupo, constituye el segundo tipo de cáncer más común y el más frecuente en mujeres de todo el mundo. Debido al carácter crónico de esta enfermedad su impacto tanto en la calidad de vida de los pacientes como en los recursos en salud es enorme. La IARC, en su boletín GLOBOCAN de 2012, indica que hubo 14,1 millones de casos nuevos y 8,2 millones de muertes relacionadas con cáncer en el mundo. Por lo anterior, se

ha sugerido el diseño de nuevas tecnologías para el diagnóstico de la enfermedad y para mejorar la caracterización de los subtipos del cáncer de mama involucrados en el pronóstico y en la respuesta al tratamiento. En este contexto, la investigación en biomarcadores moleculares específicos del cáncer de mama ha tenido un gran auge.

Objetivos de investigación:

- Identificar biomarcadores de presencia y evolución de cáncer y evaluar su utilización potencial en pruebas diagnósticas, en modelos de salud y enfermedad (cáncer de seno y melanoma, y algunas que pueden indicar susceptibilidad para ciertas enfermedades como Parkinson, cardiopatías y enfermedades producidas por priones), mediante una aproximación desde la biología celular y molecular.
- Identificar biomarcadores de genotoxicidad bajo exposición ocupacional a solventes orgánicos y algunos biomarcadores cromosómicos de cáncer de seno y melanoma.
- Establecer un posible efecto selectivo sobre algunos alelos de genes que codifican para enzimas cuya función está involucrada en vías metabólicas de la suplementación nutricional con vitamina B9.
- Evaluar si la edición de ARN tipo RDD (*RNA/DNA differences*) en muestras de población colombiana, sugiere un mecanismo aún desconocido de transcripción o modificaciones postranscripcionales del ARN.
- Determinar la presencia de asociaciones entre marcadores moleculares y el riesgo de desarrollar infecciones mediante la correlación entre características moleculares y la probabilidad de infección con hepatitis B y citomegalovirus.

Grupo de Ecología Funcional y Ecosistémica (EFE)

La ecología es una disciplina dinámica y en rápida expansión debido, entre otros, al rol central que los ecosistemas juegan en la sostenibilidad de las sociedades humanas. Los ecosistemas terrestres y marinos regulan la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y mitigan el cambio climático. Los ecosistemas también ofrecen servicios esenciales como la regulación y purificación de los caudales de agua, el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, la descomposición de detritos, la polinización de cultivos, la recreación y el mantenimiento de la biodiversidad. En Colombia ha habido un marcado interés en estudiar la excepcional biodiversidad de nuestros ecosistemas. Más recientemente, también han surgido varios grupos que hacen investigación sobre la dinámica y las existencias de carbono en ecosistemas terrestres para entender cómo estos interactúan con el carbono en la atmósfera. Sin embargo, aún hay pocos programas que investiguen las relaciones entre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas. Por ende, el grupo EFE concentra sus esfuerzos en estudiar la forma y función de especies y su rol en la dinámica de las comunidades y los ecosistemas. En particular, el grupo investiga los principios que rigen la organización de las plantas y cómo estos principios

pueden explicar la dinámica de ecosistemas; además, investiga sobre la dinámica del ciclo de carbono en bosques tropicales y la diversidad funcional.

Objetivo de investigación:

Estudiar las características fisiológicas, morfológicas y anatómicas y las historias de vida de las especies tropicales y su relación con la dinámica, forma y función de comunidades y ecosistemas.

Genética Evolutiva, Filogeografía y Ecología de Biodiversidad Neotropical

Las mariposas del género *Heliconius* son, después de la mosca de la fruta, *Drosophila*, los insectos mejor estudiados a nivel genético y evolutivo; sin embargo, su estudio es aún relativamente reciente. Actualmente existe una tendencia mundial en la aplicación de nuevas tecnologías y técnicas moleculares avanzadas en la investigación de estos organismos. Además, las características biológicas y evolutivas de estas mariposas, las convierten en organismos modelo, ideales para estudiar la especiación y ración en el Neotrópico, fundamental para la conservación de nuestros ecosistemas. En el mundo, existen alrededor de cinco grupos de investigación dedicados al estudio de las mariposas del género *Heliconius*, entre los cuales se encuentra este. Dichos grupos se interrelacionan para optimizar gastos y esfuerzos investigativos. Las principales líneas de investigación son: i) Desarrollo y genética molecular del patrón de coloración, liderada por las siguientes instituciones: University of Cambridge, Smithsonian Tropical Research Institute, University of York, University of Sheffield, Université de Montpellier, Cornell University y University of Chicago; ii) Especiación y dinámica en zonas de hibridación de *Heliconius*, liderada por la University of Harvard; iii) El papel de la hibridación introgresiva, la selección sexual y la regla de Haldane en la especiación de *Heliconius*, liderada por la Universidad del Rosario y la Ludwig Maximilian University of Munich.

Objetivos de investigación:

- Revelar fenómenos novedosos en el umbral de la especiación que solo pueden ser evidenciables mediante la utilización combinada de análisis morfológico, genético y molecular.
- Resolver debates actuales tales como la viabilidad de la especiación ecológica, el reforzamiento y el origen de zonas de hibridación por contacto primario, el papel que juegan la selección sexual y la hibridación introgresiva en la especiación y la explicación de la presencia de la regla de Haldane en especies en las cuales el sexo heterogámico es la hembra.

Grupo de Investigaciones Microbiológicas-UR (GIMUR)

Desde de 2014, el grupo ha fortalecido sus líneas de investigación en epidemiología molecular, genómica, transcriptómica, diagnóstico molecular, entomología médica y microbiomas. Su más reciente línea de investigación en ecología y evolución de

enfermedades pretende evaluar los efectos del cambio climático en la dispersión de enfermedades infecciosas.

Objetivos de investigación:

- Estudiar la epidemiología molecular de infecciones de alto impacto local, nacional e internacional mediante el uso de técnicas de biología molecular y genómica.
- Estudiar los mecanismos de virulencia y perfiles de patogenicidad microbiana involucrados en infecciones en humanos y animales.
- Estudiar las bases genéticas de las enfermedades infecciosas con el fin de mejorar el control y la vigilancia de las mismas mediante el uso de la genómica y la transcriptómica.
- Estudiar el efecto del cambio climático sobre la dinámica poblacional microbiana y aportar al conocimiento de la ecología y evolución de enfermedades en el país.
- Diseñar, implementar y validar técnicas de diagnóstico serológico y molecular de enfermedades infecciosas en Colombia.
- Estudiar las interacciones microbianas en diferentes sistemas mediante el entendimiento de sus microbiomas.
- Comprender la ecología, diversidad genética, evolución y filogeografía de vectores de enfermedades tropicales en el país y la región.

NanoTech

Las aplicaciones actuales en tecnología tienden a ser mucho más ágiles y a reducir su escala. Por eso, un gran interés para la sociedad y para la comunidad científica mundial es hacer de las tecnologías una herramienta útil que facilite el manejo operacional, disminuyendo sus costos de producción. El grupo NanoTech se enfoca en la fabricación y caracterización de nanomateriales que puedan ser utilizados en dispositivos de aplicación tecnológica en campos como la física, química, biología y en las ciencias de la salud. En su proyección siempre hay una mirada en cómo identificar y solucionar problemas que aquejen a la sociedad.

Objetivos de investigación:

- Descubrir nuevos materiales y propiedades que permitan su aplicación en dispositivos de desarrollo tecnológico que propenda por la solución de problemas del entorno.
- Desarrollar nuevos dispositivos y prototipos de aplicación tecnológicas con la industria a través de una vinculación del sector comercial, médico e industrial.

Historia Natural de Plantas Tropicales

El interés principal de este grupo de investigación es entender cómo los cambios geológicos y climáticos afectan la diversidad vegetal. La investigación integra las herramientas de filogenia, taxonomía, paleobotánica, geología y paleoclimatología. En el grupo se usan filogenias moleculares con datación con el fin de entender los procesos históricos de diversificación. El grupo ha demostrado que unos elementos de los bosques tropicales de tierras bajas se han diversificado hace relativamente poco tiempo, como resultado de los cambios geológicos en el Mioceno y que la flora alto-andina del páramo tiene la mayor tasa de especiación de plantas en el planeta. Los proyectos actuales investigan la evolución de los taxones restringidos a diferentes biomas dentro de Colombia para demostrar su capacidad de adaptación a los cambios climáticos históricos. Utilizamos esta información para indicar las posibles amenazas que traerá el cambio climático actual sobre la diversidad de las plantas.

Objetivo de investigación

Entender la capacidad de las plantas para adaptarse a los cambios históricos, geológicos y climáticos para determinar cómo se van a adaptar a los cambios en el futuro.

CANNON

El siglo XXI se perfila como el siglo de la información a todos los niveles. En el estudio de la biología, el inicio de la era posgenómica arranca con la secuenciación del DNA. Más allá de la interpretación del DNA se abren retos fundamentales para entender cómo el código genético y su relación con el ambiente juegan un papel fundamental que se extiende a través de los niveles de organización hasta alcanzar los sistemas sociales y los ecosistemas. Con estos nuevos retos, se espera que la aproximación del grupo brinde soluciones a problemas biomédicos y sociales en Colombia.

Objetivos de investigación:

- Entender cómo los sistemas biológicos adquieren, almacenan, procesan y utilizan señales externas e internas.
- Comprender cómo los sistemas biológicos modifican el uso de información como respuesta a alteraciones de origen externo y/o interno.
- Aplicar el conocimiento generado sobre el uso de información en sistemas biológicos a la resolución de problemas biomédicos.

Interacciones Clima-Ecosistemas (ICE)

Colombia se ve enfrentada, como otros países, a enormes desafíos climáticos y ecosistémicos provocados, en gran parte, por las propias actividades antropogénicas. Sin embargo, Colombia tiene una posición singularmente vulnerable en esta dinámica medioambiental mundial: i) su posición socio-política, particularmente de posconflicto, que ejerce

una presión creciente sobre la biodiversidad, los bosques y el clima; ii) su posición económica y espacial que la coloca como un “*hotspot* multi-dimensional” de biodiversidad, recursos hídricos, vulnerabilidad al cambio climático y deforestación. Paradójicamente, existe poca investigación nacional con proyección interdisciplinar e internacional a pesar de una demanda social muy grande frente al monitoreo de los cambios ecosistémicos y climáticos, y su explicación. Por tanto, es indispensable la interconexión de los más recientes avances en materia de física, química, biología y climatología.

Objetivos de investigación:

- Cuantificar la contribución de los factores antropogénicos (aumento del CO₂ atmosférico, cambio de uso del suelo, entre otros) y la variabilidad climática sobre el estado y funcionamiento de los ecosistemas terrestres.
- Identificar las realimentaciones (y sus incertidumbres) entre ecosistemas, uso de la tierra y el clima.
- Analizar las observaciones y proyecciones climáticas, del ciclo hidrológico y de carbono de modelos globales y regionales de clima y de vegetación, en los tiempos pasado, presente y futuro.
- Proveer a la sociedad monitoreo, explicaciones y atribuciones de los cambios ecosistémicos y climáticos, integrando de manera interdisciplinar a estudiantes e investigadores de las universidades y a actores de la sociedad civil y gubernamental.

Paleontología Neotropical Tradicional y Molecular (PaleoNeo)

El número de grupos de investigación en paleontología activos y con fuerte producción investigativa e intelectual en Colombia es mínimo, pese al gran potencial y alto número de yacimientos paleontológicos que existen y que aún faltan por descubrir y explorar en la región. El grupo integra técnicas y metodologías tradicionales con herramientas de punta, lo cual permite que los resultados sean de impacto para la paleontología nacional, regional y mundial.

Objetivo de investigación:

Explorar, descubrir y estudiar nuevos fósiles en la región neotropical de América, contribuyendo al conocimiento de la paleobiodiversidad, la historia evolutiva de las especies actuales y extintas, y la conservación del patrimonio paleontológico de la región.

Grupo de Investigación Moléculas Biológicas y Actividad Celular

El grupo desarrolla investigación en distintos niveles de organización: moléculas, células y organismos. Esta aproximación permite una mayor inclusión de líneas de estudio.

Objetivo de investigación:

Estudiar las propiedades, la estructura, la función y la interacción de las células con su entorno, bien sea el ambiente o las relaciones establecidas con otras células u organismos.

Filoevómica

El grupo estudia organismos neotropicales para dilucidar los mecanismos y procesos implicados en la evolución poblacional y de especies. Para ello, el grupo usa un enfoque que integra la genética poblacional, la genómica, el desarrollo, la ecología, el comportamiento y la taxonomía, entre otros.

Objetivo de investigación:

Caracterizar los cambios genéticos y mecanismos moleculares implicados en la evolución de adaptaciones y divergencia de las especies.

Tabla 12. Grupos y líneas de Investigación del Doctorado en Ciencias Naturales

Grupo	Líneas de investigación	Director
Ciencias Básicas Médicas	i) Biofísica, ii) Biología celular y molecular, iii) Entomología médica y forense, iv) Fisiología humana, v) Genética humana, vi) Investigación básica en oftalmología, vii) Muerte celular, viii) Virología	Sandra Ramírez Clavijo
Grupo de Ecología Funcional y Ecosistémica (EFE)	i) Dinámica del ciclo de carbono en ecosistemas tropicales, ii) Ecofisiología de plantas de alta montaña, iii) Mapeo de servicios ecosistémicos y monitoreo de recursos naturales, iv) Principios de organización del sistema fotosintético (hojas/dosel), v) Relaciones entre diversidad funcional y taxonómica	Juan M. Posada
Genética Evolutiva, Filogeografía y Ecología de Biodiversidad Neotropical	i) Genética de poblaciones y filogeografía de artrópodos ii) Genómica y genética de poblaciones y filogeografía del género <i>Heliconius</i>	Mauricio Linares
Grupo de investigaciones Microbiológicas - UR (GIMUR)	i) Diagnóstico de enfermedades infecciosas ii) Ecología y Evolución de Enfermedades iii) Epidemiología molecular y genómica iv) Genética y genómica poblacional de vectores v) Microbiomas	Juan David Ramírez
NanoTech	i) Electrónica orgánica ii) Física aplicada iii) Materiales semiconductores	Fredy Mesa
Historia Natural de las Plantas Tropicales	i) Evolución de plantas ii) Evolución de biomasa	James Edward Richardson
CANNON	i) Eco fisiología y cognición ii) Fisiología traslacional	Andre J. Riveros
Interacciones Clima-Ecosistemas (ICE)	i) Modelamiento regional del clima y de la vegetación ii) Impacto del clima y su variabilidad sobre los ecosistemas y las sociedades iii) Impacto de la cobertura terrestre y de factores antropogénicos sobre los ecosistemas, el clima y los ciclos biogeoquímicos iv) Interdisciplinariedad en ciencias	Benjamín Quesada
Paleontología Neotropical Tradicional y Molecular (PaleoNeo)	i) Paleontología molecular ii) Paleontología tradicional	Edwin Alberto Cadena
Moléculas Biológicas y Actividad Celular	i) Daño celular ii) Inestabilidad genómica	Victoria E. Villegas Gálvez
Filoevómica	i) Ecología y comportamiento ii) Filogeografía iii) Genética evolutiva	Camilo Salazar

Fuente: Dirección de Investigación FCN, 2020

Tabla 13. Clasificación de los grupos de investigación en Colciencias

GRUPO	AÑO				
	2013	2014	2016	2017	2019
Ciencias Básicas Médicas	A1	A1	A1	A1	A1
Grupo de Ecología Funcional y Ecosistémica (EFE)	Reconocido	B	C	B	A1
Grupo de Investigaciones Microbiológicas - UR (GIMUR)	C	A	A1	A1	A1
Genética Evolutiva, Filogeografía y Ecología de Biodiversidad Neotropical	A1	A1	A1	A1	A
Historia Natural de las Plantas Tropicales			Sin clasificar	Reconocido	B
NanoTech	Sin clasificar		D	C	C
Educación en Ciencias Naturales y Matemáticas			Sin clasificar		
CANNON			C	C	Sin Clasificar
Investigación Interacciones Clima-Ecosistemas (ICE)				Sin clasificar	
Investigación Paleontología Neotropical Tradicional y Molecular (PaleoNeo)				Sin clasificar	
Investigación Moléculas Biológicas y Actividad Celular				Sin clasificar	
Filoevómica				Sin clasificar	

Fuente: Dirección de Investigación FCN, 2020

Derivados y articulados con algunos de los grupos de investigación, se han creado siete semilleros que involucran estudiantes de pregrado, maestría y doctorado. Las políticas internas de la FCN no restringen el número de semilleros por grupo de investigación, aunque, en general, los grupos cuentan solo con uno. Los semilleros desarrollan sus actividades con base en un plan de trabajo de *formación* alrededor de discusiones, y de *investigación* a través de proyectos cortos. Los semilleros convocan a los miembros de la comunidad mediante encuentros organizados por la DIEL para dar a conocer sus actividades, y por eventos realizados por el Consejo de Estudiantes de la FCN durante la inducción a estudiantes nuevos. La Tabla 14 muestra las características de los semilleros existentes en la FCN, los cuales también hacen parte del DCN, y su articulación con los grupos de investigación de los cuales derivan.

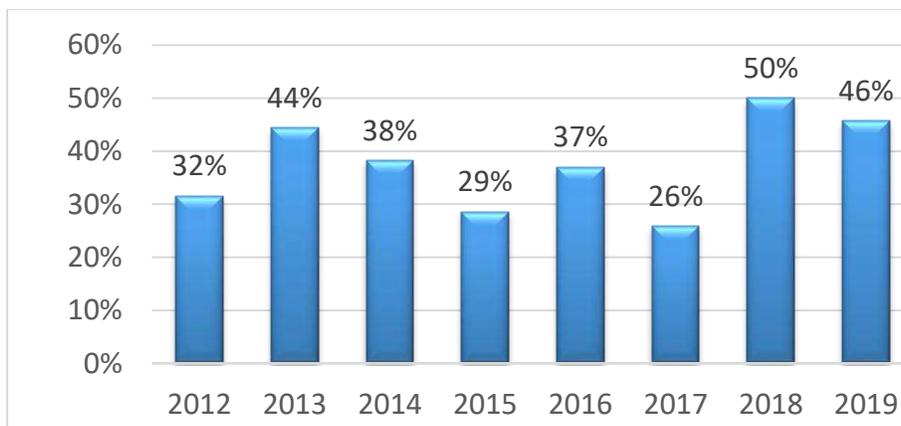
Tabla 14. Semilleros de investigación de la Facultad de Ciencias Naturales

Descripción	Grupo de investigación	Línea de investigación	Año de creación	Director
Investigación en Microbiología				
Estudia la ecología y evolución de agentes infecciosos de impacto nacional, regional y global, usando herramientas de biología molecular y genómica.	Grupo de Investigaciones Microbiológicas-UR (GIMUR)	Epidemiología molecular	2014	Juan David Ramírez
Investigación en Parasitología Médica				
Análisis Genético de Poblacionales para Establecer la Evolución de Organismos				
Combina el uso de biología molecular, genómica y bioinformática para estudiar cómo se originan, evolucionan y adaptan las especies.	Genética Evolutiva, Filogeografía y Ecología de Biodiversidad Neotropical	Genética de poblaciones	2015	Camilo Salazar
Biología Molecular del Envejecimiento-MOLEV				
Estudia los mecanismos moleculares que producen el envejecimiento a través de la biología molecular y la bioinformática. Usa como modelo de investigación a <i>Drosophila melanogaster</i> .	Ciencias Básicas Médicas	Biología celular y molecular	2017	César Payán Gómez
Conservación de los Ecosistemas y la Biodiversidad				
Investiga sobre problemas asociados a ecología básica (ecología funcional, fisiología, interacciones) y/o socioecología	Grupo de Ecología Funcional y Ecosistémica (EFE)	Biología de la conservación	2017	Adriana Sánchez
Ecología Cognitiva				
Estudia cómo los animales adquieren, almacenan, procesan y usan la información para tomar decisiones y las consecuencias de dichas decisiones, especialmente en insectos, mediante el uso de herramientas de neurofarmacología, alometría sensorial, bioinformática y biofísica.	CANNON	Ecofisiología y cognición	2018	Andre J. Riveros
Taxonomía, Ecología y Uso de los Hongos (FUNGIUR)				
Estudia macro y microhongos, su función y sus interacciones con otros organismos presentes en ecosistemas tropicales, combinando la ecología con la biología molecular.	Grupo de Ecología Funcional y Ecosistémica (EFE)	Relaciones entre diversidad funcional y taxonómica	2019	Adriana Corrales
Nanotecnología en Biología				
Trabaja con nanomateriales y dispositivos para caracterizar células y liberar medicamentos, pesticidas y otras sustancias. También busca biomarcadores de cáncer analizando expresión diferencial de genes.	NanoTech	Física aplicada	2019	Fredy Mesa Sandra Ramírez Clavijo

Fuente: Dirección de Investigación Facultad de Ciencias Naturales, 2020

1.4.3.4 Financiación de la investigación

Los docentes-investigadores de la FCN se caracterizan por su dinamismo y efectividad en la consecución de fondos de elevada cuantía provenientes de fuentes nacionales y extranjeras. Entre 2012 y 2019 se postularon más de 200 propuestas con una efectividad promedio de 38% (Gráfica 1). Esta tasa de éxito en la consecución de fondos se ve reflejado en cerca de 10.000 millones de pesos en el periodo que han resultado en más de 300 publicaciones. Además, la investigación en la FCN es fortalecida por políticas institucionales de fomento a la investigación, innovación y desarrollo (*Políticas de Investigación 2019*). Los fondos destinados a ejecutar estas políticas financian los proyectos y las movilidades para su divulgación. Por ejemplo, los profesores recién vinculados pueden acceder a una bolsa de apoyo a su investigación (fondos de arranque) luego de la presentación de una propuesta avalada por el Comité de Investigación de la FCN. De otra parte, la DIEL cuenta con un sistema de incentivos económicos por producción académica de alta (artículos clasificados como Q1 y Q2, capítulos en libros de editoriales internacionales) y altísima calidad (10% dentro de Q1). El 30% de estos incentivos se invierte en la investigación de la FCN.



Fuente: Dirección de Investigación Facultad de Ciencias Naturales, 2020

Gráfica 1. Patrón de la financiación de propuestas de investigación de la FCN

Dentro del DCN, la tesis de los estudiantes puede recibir financiación de proyectos en marcha o aprobados, pero no es un requisito de admisión al programa que exista financiación de antemano. Sin embargo, es deseable tanto la vinculación a proyectos que cuenten con fondos (optimizando así el uso del tiempo), como la postulación de propuestas hechas por los estudiantes para financiar su movilidad (v.gr. pasantía, viajes a congresos) e investigación. Por estas razones, los aspirantes deben contactar a su potencial director de tesis antes del proceso de admisión para conocer la posibilidad de financiación o la potencialidad de conseguirla.

Tabla 15. Proyectos de la Facultad de Ciencias Naturales financiados en curso, 2020

Proyecto	Monto financiado	Contrapartida	Valor total del proyecto	Líder-FCN	Objetivo general
Universidad del Rosario					
Cambio del hábitat en el postconflicto: Sistema Nacional de Áreas Protegidas y sus efectos sobre recursos hidrológicos	\$398.209.849	\$428.375.853	\$826.585.702	Nicola Clerici	Identificar la localización, magnitud y motores de cambio de pérdida de hábitat internamente y alrededor del Sistema de Áreas Protegidas de Colombia
Seguridad alimentaria y crisis de los polinizadores: Neuroprotección farmacológica contra los efectos subletales de neonicotinoides en la abeja de la miel <i>Apis mellifera</i>	\$399.989.865	\$314.797.795	\$714.787.660	Andre J. Riveros	Evaluar el efecto neuro e inmuno protector de MOL1 y MOL2 en la abeja de la miel <i>Apis mellifera</i> frente a los efectos subletales del neonicotinoide imidacloprid
Understanding the etiology of human gallstone disease via microbiome analysis of patients from Colombia and <i>in silico</i> mining of global data	\$349.990.428	\$330.362.431	\$680.352.859	Juan D. Ramirez	To reach an improved understanding of gallstone disease etiology via microbiome characterization of cholelithiasis patients from Colombia and <i>in silico</i> analyses of data from published studies worldwide
Historia filogeográfica y demográfica de los eventos de convergencia en una radiación adaptativa Neotropical	\$349.832.899	\$393.519.300	\$743.352.199	Carolina Pardo	Estudiar la arquitectura genética que controla la convergencia fenotípica intraespecífica y entre especies cercanamente relacionadas, es decir, evaluar si uno o múltiples haplotipos están involucrados en que diferentes especies y/o razas presenten el mismo patrón de coloración en <i>Heliconius</i>
Nuevas tortugas y serpientes fósiles del Mioceno del desierto de la Tatacoa, Huila; implicaciones filogenéticas, histológicas y paleobiogeográficas	\$70.000.000	\$33.000.000	\$103.000.000	Edwin Cadena	Describir y definir la sistemática paleontológica, las relaciones filogenéticas, la histología y la implicaciones paleobiogeográficas de los nuevos fósiles de tortugas terrestres y serpientes encontrados en la región norte del desierto de la Tatacoa
Implementación de una metodología para extracción de	\$70.000.000	\$149.471.401	\$219.471.401	Victoria Villegas	Establecer una metodología costo-efectiva para el aislamiento y

Proyecto	Monto financiado	Contrapartida	Valor total del proyecto	Líder-FCN	Objetivo general
vesículas extracelulares de líneas celulares y plasma humano					caracterización de exosomas de cultivo celular de líneas de cáncer de mama y de plasma de individuos sanos
Evaluación del efecto del cambio en el uso del suelo a escala de paisaje en La Vega, Cundinamarca	\$ 10.000.000	\$ 10.720.000	\$ 20.720.000	Adriana Sánchez	Evaluar el efecto del cambio en el uso del suelo a escala de paisaje en la estación experimental de campo José Celestino Mutis propiedad de la Universidad del Rosario, en el municipio de La Vega Cundinamarca.
Vertebrados fósiles del Pleistoceno de Pubenza (Cundinamarca); implicaciones paleobiogeográficas, evolutivas y paleoproteómicas	\$14.832.000	\$45.428.000	\$60.260.000	Edwin Cadena	Estudiar el registro fósil de vertebrados del Pleistoceno de Pubenza (Cundinamarca) en sus aspectos taxonómicos, paleobiogeográficos, filogenéticos y moleculares.
Estudio piloto de desarrollo de un producto de cobertura del suelo a alta resolución para Colombia, mediante el uso de computación en Google Earth Engine	\$14.986.500	-	14.986.500	Benjamin Quesada	Crear el producto geoespacializado "ColombiaLCC30" que cuantifica la cobertura del suelo a alta resolución (30m) para un año de referencia (2017) en Colombia.
Determinación de la relación entre el momento de eclosión, la acumulación de células senescentes y expectativa de vida en <i>Drosophila melanogaster</i>	\$10.000.000	\$6.620.348	\$16.620.348	César Payán	Identificar si el momento de eclosión de pupas modula la expectativa de vida y la dinámica de acumulación de células senescentes en <i>Drosophila</i> macho y hembra.
Desarrollo de composiciones y mecanismos para la protección cognitiva de polinizadores	\$154.177.190	-	-	Andre J. Riveros	Evaluar composiciones para la protección cognitiva de polinizadores contra los efectos de los pesticidas
Efecto altitudinal en la alometría sensorial de <i>Apis mellifera</i>	\$9.809.700	\$525.000	\$10.334.700	Andre J. Riveros	Determinar si existen diferencias significativas en el tamaño corporal y en órganos sensoriales de <i>Apis mellifera</i> bajo un gradiente altitudinal (228 m y 3006 m).
Minciencias					
¿Existe efecto del cambio climático en	\$16.874.827	\$11.249.885	\$28.124.712	Camilo Salazar	Hacer una proyección de los efectos del cambio

Proyecto	Monto financiado	Contrapartida	Valor total del proyecto	Líder-FCN	Objetivo general
las zonas de hibridación de razas/especies Colombianas?					climático sobre las diferentes zonas de hibridación, incluyendo aquellas que pueden ser de sutura en Colombia.
Fósiles que maravillan al mundo, turismo paleontológico en la zona norte del desierto de la Tatacoa, Centro Poblado La Victoria, Huila.	\$150.000.000	\$130.400.000	\$280.400.000	Edwin Cadena	Fortalecer la iniciativa propia de la comunidad del Centro Poblado La Victoria del municipio de Villavieja, Huila, en convertirse en referente regional en temas de preservación del patrimonio paleontológico, así como de su difusión a través de un estructurado turismo científico que permita el desarrollo mismo de la comunidad y la zona.
¿Biodiversidad escondida?: Explorando los efectos de un alto polimorfismo fenotípico en la delimitación de especies en un grupo de libélulas neotropicales	\$187.702.593	\$214.341.041	\$402.043.634	Camilo Salazar	Explorar los patrones de diversificación de las libélulas del género <i>Polythore</i> usando una combinación de herramientas genéticas, genómicas, morfológicas cuantitativas y datos geográficos para tener una real aproximación a la diversidad de especies de estas libélulas y, a partir de su composición genética, entender los procesos que han contribuido a su evolución y diversificación.
Pescando libélulas: mitogenomas, códigos de barras y ADN ambiental de libélulas (Insecta: Odonata) como herramienta para evaluación el estado de conservación de los ecosistemas dulceacuícolas en Colombia	\$313.700.454	\$172.684.600	\$486.385.054	Camilo Salazar	Identificar las especies de Odonata presentes en la hidroeléctrica de Anchicayá y desarrollar una herramienta molecular, rápida y eficaz que permita establecer el estado de conservación de los ecosistemas dulceacuícolas colombianos haciendo uso de la biodiversidad genética (mitogenomas y código de barras) de Odonatos (libélulas).
Bases genéticas del aislamiento reproductivo comportamental mediado por feromonas	\$349.924.024	\$298.747.848	\$648.671.872	Carolina Pardo	Contribuir al entendimiento y caracterización de las barreras reproductivas químicas, específicamente feromonas, que mantienen la integridad en especies incipientes que participan

Proyecto	Monto financiado	Contrapartida	Valor total del proyecto	Líder-FCN	Objetivo general
					en un mismo anillo mimético, para aportar a esclarecer los mecanismos que generan diversidad biológica y especiación.
Caracterización de células tumorales por impedancia y nanofotónica, mediante el uso de un prototipo de biochip	\$199.615.437	\$199.323.000	\$398.938.437	Sandra Ramírez	Determinar la impedancia de diferentes líneas celulares derivadas de tumor de mama y compararla con la de una línea celular normal, mediante el uso de un dispositivo optoelectrónico (biochip) acoplado con un sistema de fotoimpedancia.
Determinación del microbioma intestinal en pacientes con diarrea asociada a la infección por Clostridium difficile adquirida en Unidad de Cuidados Intensivos y comunidad	\$98.160.000	\$90.980.000	\$189.140.000	Juan D. Ramírez	Determinar la diversidad, abundancia y principales características a nivel molecular de las especies que conforma el microbioma intestinal de pacientes con diarrea asociada a la infección por Clostridium difficile (ICD), adquirida en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y comunidad.
Banco de la República					
Estudio del primer fósil de tortuga del género <i>Peltocephalus</i> de Sudamérica; implicaciones evolutivas, paleobiogeográficas y de conservación	\$13.000.000	\$30.472.206	\$43.472.206	Edwin Cadena	Estudiar a nivel macroscópico, microscópico y molecular el primer fósil del género de tortuga <i>Peltocephalus</i> de Sudamérica, representado por un cráneo, concha y elementos poscraneales encontrados en rocas de la Formación La Victoria, en el departamento del Huila, Colombia; así como establecer sus implicaciones filogenéticas, paleobiogeográficas y de paleontología molecular
Méderi					
Impacto de los niveles de expresión de mamoglobina en la deregulación transcripcional de microRNAs y su aplicación clínica en cáncer de mama	\$100.000.000	\$211.831.318	\$311.831.318	Sandra Ramírez	Determinar el impacto de los niveles de expresión, en tumores mamarios, de mamoglobina sobre la deregulación transcripcional de microRNAs y evaluar su aplicación clínica para la caracterización de la lesión tumoral

Proyecto	Monto financiado	Contrapartida	Valor total del proyecto	Líder-FCN	Objetivo general
Determinación de nuevos marcadores moleculares (receptor de andrógenos-RA y GLI1) en el diagnóstico y pronóstico de cáncer de seno	\$40.000.000	\$57.726.261	\$97.726.261	Victoria Villegas	Establecer subtipos moleculares y niveles de expresión génica de RA, GLI1, RA/RE Y RA/RP para evaluar su utilidad como marcadores de clasificación molecular en una población colombiana con cáncer de seno
Expresión de biomarcadores asociados con cáncer de seno en una población Colombiana	\$ 47.650.000	\$ 51.624.833	\$ 99.274.833	Victoria Villegas	Evaluar los marcadores moleculares en cáncer de seno en la población de pacientes que asisten al Hospital Universitario Mayor Méderi
Convenio: Universidad del Rosario, Universidad de los Andes, Universidad Javeriana					
Biorremediación de suelos contaminados con toxafeno: optimización de los procesos en condiciones anaeróbicas y aeróbicas	\$100.000.000	\$113.338.874	\$213.338.874	César Payan	Caracterizar la biotransformación reductiva y oxidativa de toxafeno y su aplicación en la biorremediación de suelos contaminados con este insecticida
Ludwig Maximilians Universitat Munchen					
Molecular basis and evolution of visual male recognition in <i>Heliconius</i> butterflies	-	-	\$28.665,96 USD	Carolina Pardo	Evaluar las bases moleculares y evolución del reconocimiento visual en las mariposas <i>Heliconius</i>
COLIFRI					
Ecosistema de energías renovables en Puerto Carreño	\$150.000.000	\$51.680.000	\$201.680.000	Benjamin Quesada	Promover el desarrollo socioeconómico sostenible de las poblaciones de Puerto Carreño, a través de un ecosistema sostenible en torno al tema de las energías renovables, articulado con actores locales como CIDYPME, los docentes formados en Francia y las autoridades locales (administrativas y ambientales), con el fin de fomentar la investigación aplicada y la formación y generar empresas sólidas y sostenibles. El desarrollo socioeconómico asociado se planifica en torno a los temas esenciales de la región, como los productos pesqueros, los productos agrícolas, el turismo, la calidad de vida y el empleo, con el tema de las energías

Proyecto	Monto financiado	Contrapartida	Valor total del proyecto	Líder-FCN	Objetivo general
					renovables como eje central.
University of Glasgow					
New tools for indirect and in situ mapping of COVID-19 transmission in Venezuela and Venezuelan migrants in Colombia.	\$374.771.079	-	\$374.771.079	Juan D. Ramírez	To leverage the existing GCRF network and deploy alternative surveillance tools to delineate COVID-19 epidemiology in Venezuela and identify appropriate control measures.
Pew Charitable Trust Foundation					
Ecology and evolution of parasitic diseases in Colombia	\$109.690.000	\$37.655.010	\$147.345.010	Juan D. Ramírez	The goal of my project is to explore whether the parasites that cause Giardia and leishmaniasis—diseases particularly prevalent in South America—also reproduce sexually in the wild and whether this genetic exchange contributes to the generation of strains associated with disease epidemics based on a genomics approach.
Fundación Cardioinfantil					
Apoyar la medición de desenlaces parasitológicos de los ensayos clínicos conducidos en la FCI de la línea de investigación de enfermedad de Chagas.	\$37.450.000	\$9.312.000	\$46.762.000	Juan D. Ramírez	Determinar la carga parasitaria por <i>Trypanosoma cruzi</i> en muestras de sangre de pacientes con enfermedad de Chagas mediante PCR en tiempo real

Fuente: Dirección de Investigación-FCN, 2020

1.4.3 Extensión

El DCN, inscrito académica y administrativamente en la FCN, se alinea con los mecanismos y las estrategias de Extensión institucionales. Así, las actividades asociadas al DCN impactarán más allá del devenir académico del programa. Por ejemplo, a través de la gestión de los proyectos de investigación de los docentes y de los estudiantes se apunta a la resolución de problemas de los sectores productivo, social, público y privado. Además, las dinámicas propias de la investigación en el programa buscan identificar actores y necesidades propias de las regiones, lo cual favorece la construcción de redes, más allá del ecosistema académico, la generación y divulgación de conocimiento pertinente y la transferencia de tecnología.

1.4.3.1 Convenios

El DCN cuenta con importantes convenios nacionales y extranjeros para el desarrollo de la extensión (Tabla 16).

Tabla 16. Convenios que incluyen Extensión del Doctorado en Ciencias Naturales

Institución	Descripción / objeto del convenio	Vigencia (años)
The Nature Conservancy	Fomentar el intercambio de experiencias en los campos de docencia, investigación y extensión dentro de las áreas del conocimiento de ambas instituciones siempre buscando la satisfacción de las necesidades permanentes de actualización de conocimientos. El convenio reconoce que la prestación de servicio educativo y el desarrollo de las actividades académicas es de exclusividad de la Universidad del Rosario, como institución de educación superior titular de dichos programas.	3
Universidad del Magdalena	Fomentar el intercambio de experiencias en los campos de docencia, investigación y extensión dentro de las áreas del conocimiento de ambas instituciones siempre buscando la satisfacción de las necesidades permanentes de actualización de conocimientos.	5
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt	Generar conocimiento científico desde las ciencias naturales y ambientales para la gestión integral de la biodiversidad en Colombia, y fomentar el intercambio de experiencias en los campos de docencia, investigación y extensión dentro de las áreas del conocimiento de ambas instituciones siempre buscando la satisfacción de las necesidades permanentes de actualización de conocimientos.	5
Fundación Cerros de Bogotá	Generar conocimiento científico desde las ciencias naturales y ambientales para la gestión integral de la biodiversidad en Colombia, y fomentar el intercambio de experiencias en los campos de docencia, investigación y extensión dentro de las áreas del conocimiento de ambas instituciones siempre buscando la satisfacción de las necesidades permanentes de actualización de conocimientos.	3
Centro de Investigaciones Paleontológicas	Fomentar el intercambio de experiencias en los campos de docencia, investigación y extensión dentro de las áreas del conocimiento de ambas instituciones siempre buscando la satisfacción de las necesidades permanentes de actualización de conocimientos.	5
Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano	Adelantar acciones conjuntas en temas de interés recíproco para cada una de las partes en investigación, realización de eventos, asistencia técnica, administrativa y académica y en todas aquellas actividades que estén acordes a la misionalidad de ambas entidades.	4
Universidad de Sucre	Adelantar acciones conjuntas en temas de interés recíproco para cada una de las partes en investigación, realización de eventos, asistencia técnica, administrativa y académica y en todas aquellas actividades que estén acordes a la misionalidad de ambas entidades.	3
Universidad San Martín	Fomentar el intercambio de experiencias en los campos de docencia, investigación y extensión dentro de las áreas del conocimiento de ambas instituciones siempre buscando la satisfacción de las necesidades permanentes de actualización de conocimientos.	5
Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible	Fomentar el intercambio de experiencias en los campos de docencia, investigación y extensión dentro de las áreas del conocimiento de ambas instituciones siempre buscando la satisfacción de las necesidades permanentes de actualización de conocimientos. El convenio reconoce que la prestación de servicio educativo y el desarrollo de las actividades académicas es de exclusividad de la Universidad del Rosario, como institución de educación superior titular de dichos programas.	3

Institución	Descripción / objeto del convenio	Vigencia (años)
Instituto Colombiano de Medicina Tropical	Ejecutar de manera conjunta proyectos de carácter científico, así como actividades de investigación, docencia, innovación, extensión e intercambio de personal en áreas de mutuo interés.	3
Universidad Cooperativa de Colombia	Fomentar el intercambio de experiencias en los campos de docencia, investigación y extensión dentro de las áreas del conocimiento de ambas instituciones siempre buscando la satisfacción de las necesidades permanentes de actualización de conocimientos.	4
Convenios internacionales		
Jardín Botánico de China. China.	Regular la cooperación científica, cultural y educativa para facilitar el desarrollo de investigación, educación y extensión y la organización de eventos académicos en áreas de interés común.	5
Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Panamá	Fortalecer la participación conjunta en asuntos relacionados con biología tropical, particularmente con las líneas de investigación de las dos instituciones.	5
Real Jardín Botánico de Edimburgo. Escocia.	Regular la cooperación científica, cultural y educativa para facilitar el desarrollo de investigación, educación y extensión y la organización de eventos académicos en áreas de interés común.	5
Redpath Museum. Canadá	Las áreas de cooperación incluyen cualquier programa que contribuya al desarrollo de cualquiera de las instituciones mientras sea de común interés y acuerdo y permita a ambas instituciones el desarrollo de la colaboración. La asistencia de cada institución se materializa a través de la docencia, la investigación y el intercambio de profesores, estudiantes y administrativos.	
Universidad de Parma. Italia	Fortalecer la cooperación dentro de las áreas definidas en el convenio y los futuros acuerdos relacionados a actividades culturales, educativas y de investigación.	5
Universidad de Especialidades Espiritu Santo. Ecuador	Declaran su compromiso de adhesión al presente convenio, cuyo objeto es establecer relaciones de cooperación interinstitucional, principal pero no limitado a actividades de docencia e investigación.	5
The University of Exeter. Inglaterra	Las áreas de cooperación incluyen cualquier programa que contribuya al desarrollo de cualquiera de las instituciones mientras sea de común interés y acuerdo y permita a ambas instituciones el desarrollo de la colaboración. La asistencia de cada institución se materializa a través de la docencia, la investigación y el intercambio de profesores, estudiantes y administrativos.	5
Ludwig-Maximilians-Universität 10. 20. München. Alemania	i) Organizar simposios, conferencias, cursos cortos y reuniones sobre temas de investigación. ii) Desarrollar investigación de manera conjunta y continuar con programas de educación. iii) Intercambiar información correspondiente a los desarrollos en docencia, progreso de los estudiantes e investigación en cada institución. iv) Intercambiar muestras no peligrosas ni infecciosas con fines no comerciales de investigación.	5
COLIFRI	Colaboración a través del proyecto: Ecosistema de energías renovables en Puerto Carreño.	5

Fuente: Dirección de Investigación FCN, 2020

1.4.5 Propósitos del programa

Objetivo general

Contribuir desde las ciencias naturales al beneficio de la sociedad y del medio ambiente a través de la formación de investigadores, el fomento de la investigación, la innovación y el desarrollo.

Objetivos específicos

- Formar excelentes investigadores en ciencias naturales, capaces de generar conocimiento pertinente que responda a problemas de corto, mediano y largo plazo de la sociedad y el medio ambiente.
- Generar conocimiento que enriquezca y fortalezca el cuerpo teórico, metodológico y epistemológico de las ciencias naturales.
- Hacer disponible el conocimiento para las comunidades académicas, científicas y la sociedad en general.
- Transferir conocimiento para solucionar problemas a través de tecnologías, estrategias y soluciones innovadoras.
- Establecer alianzas pertinentes entre la academia y otros sectores de la sociedad para dar respuesta a las necesidades del país y de la región.

2. ORIENTACIONES CURRICULARES DEL PROGRAMA

2.1 Fundamentación teórica del programa

El Doctorado en Ciencias Naturales (DCN) se soporta en constructos conceptuales y epistemológicos que tienen como fin último la adquisición y generación de conocimiento a través del pensamiento científico. El pensamiento científico es un paso fundamental en la evolución noética del ser humano y una manifestación de la evolución de la consciencia reflexiva (Hands, 2016). El pensamiento científico encuentra su instrumento de materialización en la ciencia, caracterizada por buscar el conocimiento a través de la recolección de evidencia objetiva, derivada de observaciones o experimentación y no de la especulación (Johansson, 2016a; Hands, 2016).

No obstante, como constructo social, la ciencia ha sido entendida dentro de marcos variables a lo largo del tiempo, impactando el conocimiento que de ella deriva y su relación con otras visiones de generación de saber. Por ejemplo, la revolución científica de los siglos XVI y XVII expandió una visión de la ciencia como equivalente a la mecánica, derivada de los avances particularmente de Galileo Galilei e Isaac Newton. Esta visión no solo impactaría a las ciencias físicas sino también a las ciencias de la vida (Mayr, 2004). A mediados del siglo XIX el fisiólogo alemán Hermann von Helmholtz propondría que “el fin último de las ciencias naturales es reducir todos los procesos en la naturaleza a los movimientos que los subyacen y encontrar las fuerzas que los dirigen, es decir, reducirlos a la mecánica” (Mayr, 1982 p. 115, traducción propia). Esta visión de la ciencia contribuyó a sentar los fundamentos del estudio de las llamadas *causas próximas*, favoreciendo una visión mecanicista de las ciencias de la vida (Mayr, 1982, 1998, 2004). Sin embargo, el estudio de las causas próximas no sería suficiente para entender los sistemas biológicos y la enorme biodiversidad, y por ello encontraría su nicho principal en el estudio de la medicina y la fisiología. Por su parte, a mediados del siglo XIX, la fascinación por el creciente descubrimiento de una inmensa diversidad biológica desembocaría en el planteamiento de la teoría sobre el origen de las especies a través de la selección natural (Darwin, 1859), la cual perduraría como un marco para el estudio de los orígenes y la evolución de la diversidad biológica, subyacente al estudio de las llamadas *causas últimas*.

De otra parte, a lo largo de la historia, la conceptualización sobre la visión y el papel de la ciencia ha impactado los métodos empleados para alcanzar la evidencia objetiva, y la credibilidad en la posibilidad de alcanzarla (cf. Jonassen, 1991; Okpanachi, 2012). Aunque materia de amplio debate, el ejercicio de la ciencia, en particular el enfocado en la aproximación experimental, asume que la evidencia objetiva puede obtenerse al implementar el llamado método científico (Johansson, 2016b; Okpanachi, 2012). Este sigue una ruta cíclica que inicia con la observación, pasa por la construcción y evaluación de hipótesis -experimental u observacional- y, eventualmente, termina con la formulación del

constructo teórico, el cual se convierte, a la vez, en punto de partida para la generación de nuevas hipótesis y predicciones (Andersen & Hepburn, 2016). Como proceso de generación de nuevo conocimiento, el método científico incorpora los razonamientos deductivo, abductivo e inductivo.

En una estrategia hipotético-deductiva (Andersen & Hepburn, 2016), el investigador identifica un constructo teórico como objeto de estudio y, a partir de él, genera hipótesis, guiado por el *razonamiento deductivo*. Para el filósofo Karl Popper, las hipótesis así derivadas deben ser falseables, es decir, debe existir la posibilidad de que sean refutadas por la observación o la experimentación (Popper, 1962; Stamos, 1996; Andersen & Hepburn, 2016). Además, para Popper, el criterio de falseabilidad hace que la ciencia no pueda verificar que una hipótesis sea verdadera, pero sí que sea falsa. Esta conclusión deriva de asumir que no es posible evaluar todos los escenarios de verificación, pero sí de que un ejemplo de evidencia contraria es ya suficiente para refutarla, dando un carácter determinista a las leyes así construidas. Así mismo, los resultados obtenidos del proceso de verificación de una hipótesis deben ser replicables. Es la existencia de múltiples eventos de observación o experimentación lo que permite alcanzar consenso sobre un constructo teórico. Los constructos más sólidos, conocidos como teorías y leyes, son entonces, aquellos que resisten la evaluación continua de las hipótesis y predicciones que de ellos derivan (Popper, 1962; Mayr, 1982; Ayala, 2009). Según esta visión, la falseabilidad de las hipótesis es un criterio que separa la ciencia del pensamiento metafísico y de la pseudociencia (Elgin & Sober, 2017; Mayr, 1982).

Sin embargo, como un ejemplo central a la controversia sobre la condición de falseabilidad, la teoría sobre el origen de las especies a través de la selección natural (TSN), de profunda influencia en el desarrollo de las ciencias de la vida, fue ampliamente discutida por Popper como tautológica (basada en el concepto estadístico de aptitud) y no-falseable, lo cual la identificaría como un programa de investigación metafísica (Popper, 1974; Mayr, 2000). No obstante, el mismo Popper reconocería la influencia y la contribución de la TSN -aun cuando parte de su reconocimiento recaía en una visión teleológica de las explicaciones- y argumentaría que a partir de ella pueden derivarse hipótesis falseables (Popper, 1994). Hoy, más de 150 años luego de su postulación, el impacto del pensamiento evolutivo y de la TSN se mantiene como marco de estudio en las ciencias de la vida. Hace apenas algunas décadas la relevancia del pensamiento evolutivo sería plasmado en las famosas palabras de Theodosius Dobzhansky (1973): *“Seen in the light of evolution, biology is, perhaps, intellectually the most satisfying and inspiring science. Without that light it becomes a pile of sundry facts- some of them interesting or curious but making no meaningful picture as a whole”*.

Además, la implementación del método hipotético-deductivo basado en hipótesis falseables ha enfrentado limitaciones y críticas. Por un lado, muchas teorías científicas han sido remplazadas por otras, no necesariamente porque sus hipótesis sean falseadas (Mayr,

1982), lo cual resalta la incorporación y el valor del *razonamiento abductivo*, fundamentado en la plausibilidad de explicaciones basadas en evidencia particular (Douven, 2017; Behfar & Okhuysen, 2018). Así mismo, la reducida existencia de leyes en las ciencias de la vida dificulta la aplicación estricta del razonamiento deductivo, favoreciendo el abductivo (Voit, 2019). Por otro lado, el método de verificación de las hipótesis ha evolucionado con el desarrollo de análisis cuantitativos en estadística y en teoría de probabilidad, lo cual favorece la inclusión del *razonamiento inductivo* y abre la puerta a las leyes probabilísticas (Tenenbaum, Griffiths, Kemp, 2006; Elgin & Sober, 2017; Hayes & Heit, 2018; Voit, 2019). Así, a partir de la evidencia objetiva se pueden hacer generalizaciones basadas en umbrales de probabilidad que reflejan niveles de confianza en las explicaciones propuestas, contrarias al pensamiento determinista popperiano (Tenenbaum, Griffiths, Kemp, 2006; Voit, 2019).

De otra parte, al reconocer que la ciencia es un constructo influenciado por y en respuesta a los problemas y la organización de la sociedad, y no una estructura rígida que permita la acumulación de conocimiento objetivo y determinista, surgieron críticas adicionales al pensamiento popperiano. En el sentido presentado por Kuhn (1962), el quehacer del científico dentro de un paradigma particular corresponde a la llamada ciencia normal, y es el surgimiento de un nuevo paradigma lo que conduce a modificaciones, o abandonos, de conceptos considerados como válidos anteriormente. La posibilidad y ocurrencia de tales cambios reflejan la influencia del contexto en que se desarrolla la ciencia y la subjetividad de su ejercicio. Derivada parcialmente del pensamiento de Kuhn, y en respuesta a los retos de la sociedad actual, la Ciencia PosNormal (CPN), surgida a final del siglo XX, identifica múltiples niveles en la resolución de problemas de acuerdo con dos dimensiones: la incertidumbre del sistema y los riesgos (Ravetz, 1999).

La CPN enfrenta problemas complejos, caracterizados por magnitudes críticas en una o ambas dimensiones, lo cual distancia la aproximación de la ciencia normal, en la cual la incertidumbre y el riesgo tienen valores bajos (Funtowicz & Ravetz, 1994; Ravetz, 1999). En efecto, desde la CPN se considera que la ciencia “básica” o “pura” (normal) es insuficiente, y puede resultar inadecuada como estrategia única, en la resolución de problemas complejos, que requieren la interacción de múltiples actores, miradas y formas de conocimiento, los cuales forman una red extendida que asegura la calidad de la resolución del problema (Funtowicz & Ravetz, 1994; Ravetz, 1999). Así, la CPN no es contraria a la llamada ciencia normal, sino que destaca por su mayor pertinencia para la resolución de problemas complejos, en los cuales las herramientas de la ciencia pura para generar nuevo conocimiento y predicciones, resultarían limitadas y menos eficientes. Las estrategias para enfrentar problemas tales como el uso sostenible de la tierra y de los recursos hídricos, los efectos antropogénicos en los ecosistemas, la seguridad alimentaria, el cambio climático, la salud humana, el conocimiento, la valoración y el uso sostenible de la biodiversidad y la conservación del patrimonio paleontológico, entre otros, deben incorporar múltiples miradas, que se extienden más allá de la comprensión, la modelación y la aproximación

desde la ciencia pura, incorporando la valoración del conocimiento de múltiples actores, los contextos y las necesidades de la sociedad en general (Ravetz, 2019).

En cualquiera de los escenarios expuestos anteriormente, es claro que la construcción del conocimiento y su transferencia hacia la resolución de problemas requieren de un marco de integridad que permita superar los sesgos derivados de la experiencia subjetiva del investigador (Johansson, 2016b; Hansson, 2017). Mientras que las limitaciones en la construcción sensorial y cognitiva de la realidad son propias del humano (Jonassen, 1991), y afectan el ejercicio científico, se debe evitar completamente la subjetividad derivada de las malas prácticas (Fanelli, 2009; Hansson, 2017). De esta forma, es indispensable asegurar la objetividad y rigurosidad en la elección de asunciones, en la selección de las poblaciones a analizar y de los modelos implementados, y en la colecta e interpretación de datos.

Respecto a esto, John Hands ha propuesto la ley de interpretación de datos, según la cual el grado en el que un investigador se aleja de una interpretación objetiva depende de cuatro factores: i) su determinación para validar una hipótesis, ii) el tiempo dedicado en su vida a la investigación, iii) el grado de inversión emocional invertida en el proyecto y, iv) su necesidad de publicar en aras de mantener su reputación científica (Hands, 2016; cf. Johansson, 2016c). Como se ha visto antes, la construcción del conocimiento se fundamenta en la adquisición de evidencia objetiva derivada de la observación o la experimentación; por ello, es responsabilidad del investigador y las instituciones involucradas buscar los mecanismos que aseguren la objetividad.

El DCN formará a los doctorandos en los principios epistemológicos y de integridad descritos anteriormente dentro de las áreas de las ciencias representadas en la FCN. Dentro de las ciencias naturales se distinguen tradicionalmente dos ramas de acuerdo con sus objetos de estudio: las ciencias físicas y las ciencias de la vida. Las ciencias físicas, enfocadas principalmente en el estudio de los fenómenos inanimados, incluyen la física, la química, la astronomía y las ciencias de la Tierra, v.gr. la geología, la oceanografía y las ciencias atmosféricas. Por su parte, las ciencias de la vida se enfocan principalmente en los organismos vivos. Cabe mencionar que la aproximación moderna de la FCN al estudio de las ciencias naturales se fundamenta en la articulación de estas ramas, más que en su desarrollo aislado, que abarcan los llamados conocimientos básico y aplicado, mejor caracterizados como conocimientos de transferencia a corto, mediano y largo plazo.

En efecto, las aproximaciones integran fundamentos, habilidades y herramientas en la búsqueda de la resolución de problemas de investigación de interés transversal, tales como el uso sostenible de la tierra y de los recursos hídricos, los efectos antropogénicos en los ecosistemas, la seguridad alimentaria, el cambio climático, la salud humana, el conocimiento, la valoración y el uso sostenible de la biodiversidad, el conocimiento de la paleobiodiversidad y la conservación del patrimonio paleontológico, entre otros.

Por ejemplo, las ciencias del sistema Tierra se destacan por reconocer al planeta como un sistema complejo y dinámico, caracterizado por interacciones físicas, químicas, biológicas y humanas. Las ciencias del sistema Tierra, con un amplio soporte teórico, comprenden el estudio de problemas que se extienden desde el pasado, el presente y los posibles escenarios del futuro. Así, el análisis integrado incorpora herramientas y saberes de la geología, la meteorología, la oceanografía, la ecología y la biología, que tradicionalmente se han usado de manera aislada, y se articula de manera sinérgica con el estudio de las ciencias de la vida. Por otro, el DCN reconoce y valora el estudio de los fenómenos fundamentales del origen, la evolución y el funcionamiento de los sistemas biológicos, y en la búsqueda de soluciones a problemas complejos de la sociedad y el medio ambiente a través del establecimiento de alianzas inter y transdisciplinarias para el desarrollo y la implementación de saberes, métodos, estrategias y tecnologías. El estudio de las ciencias de la vida destaca como eje fundamental la interacción del ser humano con su medio y la necesidad de entender en todos los niveles los elementos biológicos, ecológicos, ambientales, sociales, culturales, económicos y políticos que soportan el reto del uso sostenible de los recursos naturales. Entender la relación del ser humano con su medio desde esta perspectiva, involucra retos transversales a las ciencias y demanda una visión flexible que convoque múltiples actores para abarcar problemas tales como el uso sostenible de la tierra y de los recursos hídricos, los efectos antropogénicos en los ecosistemas, la seguridad alimentaria, el cambio climático, la salud humana, el conocimiento, la valoración y el uso sostenible de la biodiversidad, el conocimiento de la paleobiodiversidad y la conservación del patrimonio paleontológico, entre otros.

En suma, el DCN se cimienta en principios epistemológicos y conceptuales propios de la generación de conocimiento científico, y reconoce que la resolución a problemas complejos y multifactoriales demanda trabajo inter, multi y transdisciplinar. Esta visión permite un completo estudio de problemas que traspasan las fronteras tradicionales de las ramas de las ciencias naturales y permite identificar necesidades locales, regionales y globales a corto, mediano y largo plazo.

2.2 Propósitos de formación del programa

El DCN busca la formación de investigadores autónomos y objetivos, capaces de contribuir a la generación de nuevo conocimiento en ciencias naturales, a través del ejercicio del pensamiento científico en un marco ético e íntegro al servicio de la sociedad y del medio ambiente. Igualmente, el DCN propende por el fortalecimiento de la autonomía en el proceso de aprendizaje a través del aprender a aprender.

2.3 Resultados de aprendizaje esperados

Al término de su formación, el egresado del DCN será un investigador con una sólida preparación científica y ética. En consecuencia, los resultados de aprendizaje esperados son:

- RAE 1. Apropiar los fundamentos teóricos y epistemológicos de las ciencias naturales en su área de investigación
- RAE 2. Identificar un problema de investigación de las ciencias naturales y formular las preguntas asociadas a él
- RAE 3. Plantear hipótesis pertinentes para explicar el objeto de estudio
- RAE 4. Proponer estrategias objetivas y realistas para la evaluación de las preguntas de investigación
- RAE 5. Escribir una propuesta de investigación de manera autónoma
- RAE 6. Aplicar metodologías propias del campo de investigación para la obtención de datos
- RAE 7. Implementar el marco ético necesario para el desarrollo de su investigación
- RAE 8. Interpretar las observaciones resultado de la indagación en ciencias naturales
- RAE 9. Comunicar de manera oral y escrita los propósitos, procedimientos y resultados de su investigación a sus pares académicos y a la sociedad
- RAE 10. Incorporar nuevo conocimiento al marco teórico propio de las ciencias naturales
- RAE 11. Construir propuestas de investigación en ciencias naturales para la consecución y gestión de recursos de fondos concursables
- RAE 12. Reconocer la estructura del pensamiento científico en la investigación de sus pares dentro y fuera de su área disciplinar
- RAE 13. Trabajar en equipo
- RAE 14. Aprender a aprender

2.4 Perfiles

2.4.1 Perfil de ingreso

El DCN está abierto a profesionales de todas las áreas del saber que encuentren en las ciencias naturales una plataforma para generar conocimiento desde la rigurosidad del pensamiento científico. Dada la visión amplia y flexible del DCN, los aspirantes son profesionales de las ciencias naturales o afines a las líneas de investigación de los grupos adscritos a la FCN. El DCN permite el ingreso de profesionales con o sin título de maestría o equivalente. El aspirante será entonces definido por su autonomía, pensamiento crítico, curiosidad, creatividad, capacidad de liderazgo, actuar ético y su deseo de formarse en la generación de conocimiento desde el marco de las ciencias naturales.

2.4.2 Perfil de egreso

El egresado del DCN será un investigador capaz de identificar problemas propios de las ciencias naturales y de proponer de manera autónoma soluciones a través de la implementación del pensamiento científico en un marco que respete los principios éticos de la investigación científica. El egresado se distinguirá por su creatividad, liderazgo y capacidad de trabajar en equipos intra, multi, inter o transdisciplinarios, en los sectores público y privado, incluyendo los institutos de investigación, la academia y la industria. El egresado del DCN se caracterizará por ser un científico cognoscente de las realidades social y ambiental y la responsabilidad que su quehacer tiene con el desarrollo de la sociedad.

2.4.3 Perfil ocupacional

El egresado del DCN tendrá conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para ser líder en los siguientes escenarios:

- Docente-investigador en instituciones de educación superior.
- Investigación en organizaciones públicas, privadas y en la industria.
- Asesoría y consultoría en investigación básica y aplicada.
- Asesoría y consultoría para la construcción de políticas públicas.

2.5 Estructura curricular del programa

2.5.1 Plan de estudios

De acuerdo con los *Lineamientos de currículo y pedagogía*⁴, los planes de estudio de los programas de posgrado se estructuran a partir de cuatro núcleos de formación que permiten visualizar áreas de saber objeto de estudio a lo largo del tránsito de los estudiantes en la Universidad, estos son:

- a) **Núcleo de Formación Rosarista.** Es el espacio dentro del currículo que hace viables los ideales de formación rosarista plasmados en la misión y visión institucional; y propicia la formación integral como eje central de la acción educativa en la Universidad. A través de él se evidencia el sello diferencial de formación del Rosario en cada uno de sus estudiantes.
- b) **Núcleo Básico.** Es el componente curricular a través del cual se estructuran los aprendizajes esenciales para comprender el objeto de estudio en cada una de las disciplinas y profesiones.
- c) **Núcleo Disciplinar.** Corresponde al eje central de formación que articula los aprendizajes propios de cada disciplina o profesión y por medio del cual se plasma la concepción epistemológica y metodológica del objeto de estudio.
- d) **Opción de Grado.** Elemento del currículo que le permite al estudiante demostrar los aprendizajes adquiridos a lo largo de su formación para optar al título profesional.

Los núcleos de formación se organizan por áreas, componentes o problemas, que dirigen el desarrollo del conocimiento a través del currículo, lo cual se evidencia tanto en el plan de estudios como en las estrategias curriculares transversales y extracurriculares, en las orientaciones pedagógicas y en la evaluación del aprendizaje.

Las áreas derivadas de la estructura curricular de los programas están conformadas por cursos o asignaturas, requisitos y opciones de grado que, en su conjunto, permiten visualizar los RAE, que integran a su vez el perfil del egresado. Es así como la sistematización de las diferentes áreas y componentes que integran la estructura curricular y su desagregación en cursos o asignaturas se denomina plan de estudios.

Los conocimientos que componen un plan de estudios son de naturaleza diversa, dependiendo de su orientación para el logro de los propósitos de formación. Todos los saberes son relevantes y no existe una jerarquía entre ellos. Al contrario, se establece una categorización horizontal para referirse a los tipos de saberes que se adquieren en un programa académico durante el proceso de formación. Hay tres tipos de saberes

⁴ Lineamientos Académicos: currículo y pedagogía 2018. Disponible en: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/18664/Curri%CC%81culo%20y%20Pedagogi%CC%81a%208.11.18.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

circundantes en los planes de estudio de los programas de la Universidad (*Lineamientos de currículo y pedagogía* (2018):

- **Básicos.** Para la comprensión del objeto de estudio; otros que son instrumentales para el desempeño profesional, y otros que amplían y fortalecen el universo cultural del estudiante. Fomentan la adquisición de autonomía intelectual.
- **Complementarios o de profesionalización.** Se refieren a campos particulares de la profesión o de la disciplina o de campos relacionados con estos; proporcionan elementos conceptuales, de contextualización, metodológicos, prácticos, axiológicos y actitudinales para el desempeño laboral (empresarial, académico, investigativo, artístico, técnico, etc.) del egresado.
- **Para la formación integral.** Le ofrecen al estudiante la opción de ampliar su visión del entorno, de acercarse a las manifestaciones de la cultura y de la civilización y de formarse para interactuar como ciudadano del mundo.

En la Tabla 17 se presenta un modelo de plan de estudios del DCN. Como se ilustra en la Gráfica 2, algunas de las asignaturas, tanto del ciclo de fundamentación como del ciclo de investigación se pueden cursar a lo largo de un periodo, más que en un semestre determinado; sin embargo, se ofrece una estructura básica, especialmente con el objeto de calcular la carga académica del estudiante en cada semestre.

Tabla 17. Modelo de plan de estudios del Doctorado en Ciencias Naturales

Asignaturas	Obligatorio	Electivo	Créditos Académicos	Tipo de crédito	Horas de trabajo académico			Núcleos de formación del currículo				Número máximo de estudiantes matriculados o proyectados
					Totales	De trabajo directo	De trabajo independiente	Rosarista	Básico	Disciplinar	Opción de Grado	
SEMESTRE I												
Electiva I		X	4	A	192	48	144			X		
Integridad Científica	X		2	A	96	24	72	X				
Filosofía y Métodos de las Ciencias Naturales	X		2	A	96	24	72	X				
Seminario de Investigación I	X		2	A	96	24	72			X		
Comunicación Científica	X		2	A	96	24	72	X				
Total semestre			12		576	144	432					
SEMESTRE II												
Tópicos de Investigación I	X		1	C	48	7	41			X		
Electiva II		X	4	C	192	27	165			X		
Electiva III		X	4	C	192	27	165			X		
Seminario de Investigación II	X		2	A	96	24	72			X		
Total créditos semestre			11		528	85	443					

Asignaturas	Obligatorio	Electivo	Créditos Académicos	Tipo de crédito	Horas de trabajo académico			Núcleos de formación del currículo				Número máximo de estudiantes matriculados o proyectados
					Totales	De trabajo directo	De trabajo independiente	Rosarista	Básico	Disciplinar	Opción de Grado	
SEMESTRE III												
Tópicos de Investigación II	X		1	C	48	7	41			X		
Proyecto de Tesis	X		4	C	192	27	165				X	
Electiva IV		X	3	A	144	36	108			X		
Seminario de Investigación III	X		2	A	96	24	72			X		
Total créditos semestre			10		480	94	386					
SEMESTRE IV												
Tópicos de Investigación III	X		1	C	48	7	41			X		
Tesis I	X		6	C	288	41	247				X	
Escritura de Proyectos	X		2	A	96	24	72		X			
Seminario de Investigación IV	X		2	A	96	24	72			X		
Total créditos semestre			11		528	96	432					
SEMESTRE V												
Tópicos de Investigación IV	X		1	C	48	7	41			X		
Tesis II	X		10	C	480	69	411				X	
Seminario de Investigación V	X		2	A	96	24	72			X		
Total créditos semestre			13		624	100	524					
SEMESTRE VI												
Tópicos de Investigación V	X		1	C	48	7	41			X		
Tesis III	X		10	C	480	69	411				X	
Total créditos semestre			11		528	76	452					
SEMESTRE VII												
Tesis IV	X		11	C	528	75	453				X	
Total créditos semestre			11		528	75	453					
SEMESTRE VIII												
Tesis V	X		11	C	528	75	453				X	
Total créditos semestre			11		528	75	453					
Total número horas					4.320	745	3.575					
Total porcentaje horas (%)					100%	17%	83%					
Total número créditos del programa	75	15	90									
Total Porcentaje Créditos (%)	83%	17%	100%									

Fuente: Elaboración propia, 2020

2.5.2 Estructuración y secuenciación del Plan de Estudios

Para el alcance de los RAE a la luz de los núcleos de formación, el DCN se estructura alrededor de dos ciclos: i) Ciclo de fundamentación teórica y metodológica, ii) Ciclo de investigación. A lo largo de estos ciclos se completan todos los RAE, aunque su predominancia varía a medida que el estudiante avanza en los semestres (Gráfica 3).

1. Ciclo de fundamentación teórica y metodológica. El ciclo de fundamentación busca el fortalecimiento de los saberes básicos y profesionalizantes propios de las ciencias naturales a través de tres tipos de actividades ancladas en los núcleos de formación básica y de énfasis:

- a. *Asignaturas del núcleo básico dirigidas al fortalecimiento de saberes básicos.* Son de carácter obligatorio y buscan el fortalecimiento de competencias transversales a la formación de un investigador, resaltando el contexto propio de las ciencias naturales. Las asignaturas son *Integridad Científica, Filosofía y Métodos de las Ciencias Naturales, Escritura de Proyectos y Comunicación Científica* (Anexo 2).
- b. *Asignaturas del núcleo disciplinar dirigidas al fortalecimiento de saberes profesionalizantes.* Permiten al doctorando optimizar habilidades y saberes propios de sus intereses de investigación. Las asignaturas dirigidas a esta formación pueden ser teóricas o teórico-prácticas. De los créditos electivos (15), el estudiante debe tomar por lo menos tres de alguna asignatura de análisis de datos de las disponibles en el portafolio del DCN. Las electivas ofrecen al doctorando la flexibilidad suficiente para: i) ampliar su visión dentro y fuera de las ciencias naturales, ii) profundizar en una rama particular a través de asignaturas de una misma disciplina, iii) desarrollar destrezas para la investigación de campo, computacional y de laboratorio. La Tabla 18 muestra ejemplos de electivas disponibles. Además de las electivas, el *Seminario de Investigación* (Seminario I-V: 10 créditos) también ofrece un espacio de formación en los saberes propios de la disciplina elegida a través de la discusión de artículos y presentación de resultados de avance de la tesis (Anexo 2). Además, el DCN propende por una visión amplia que facilite el diálogo y promueva la colaboración. Esta visión se desarrolla a través de la asignatura obligatoria *Tópicos de Investigación*, caracterizada por brindar un espacio dinámico para la presentación de la investigación de los doctorandos, del cuerpo docente de la universidad y de invitados nacionales e internacionales. Además, ese conjunto de asignaturas contribuye al desarrollo de competencias de comunicación debido a que en esta se deben presentar los avances del proyecto de tesis al menos en dos oportunidades, desde su planteamiento hasta su culminación en un espacio rico en realimentación. Dada su naturaleza, *Tópicos de Investigación* se encuentra de manera transversal durante cinco (5) semestres del programa (Anexo 2) (*Tópicos de Investigación I-V*, Gráfica 3).

2. **Ciclo de investigación:** El ciclo de investigación busca en el doctorando el fortalecimiento de capacidades para la investigación autónoma, enmarcadas en la Opción de Grado, la cual se fundamenta en las habilidades para desarrollar un proyecto de investigación como eje de la formación doctoral. El doctorando deberá demostrar tanto sólidos conocimientos teóricos –fundamentales a las ciencias naturales y propios de su formación disciplinar– como capacidad para identificar preguntas y plantear soluciones a través de la formulación de propuestas de investigación. El ciclo de investigación conjuga el uso y fortalecimiento de los saberes básicos, profesionalizantes y de formación integral. Se enmarca en dos grupos de asignaturas: Proyecto de Tesis y Tesis (I-V) (Anexo 2):

a. *Proyecto de Tesis.* Es una asignatura que abre el espacio para que el doctorando ajuste su proyecto y muestre su preparación para iniciar el ciclo de investigación. Esta asignatura será evaluada en forma escrita (proyecto de tesis) y oral (defensa) por el jurado, compuesto por lo menos por tres evaluadores (uno interno y dos externos) aprobados por el Comité de Posgrados, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Reglamento Académico de Posgrados. La evaluación oral incluirá la defensa del proyecto de tesis y la apropiación de los constructos teóricos que le subyacen. La asignatura Proyecto de Tesis será aprobada/no aprobada únicamente si se alcanza mayoría en la votación del jurado. El Comité de Posgrados consignará en el acta de su reunión más próxima el resultado emitido por el jurado, mencionando, en caso de aprobación, el estatus de *Candidato a doctor*. Este hecho marca un hito frente a la comunidad académica, e indica que el estudiante cuenta con las herramientas conceptuales y prácticas para embarcarse en el desarrollo de su proyecto.

b. *Tesis.* Las asignaturas Tesis I-V constituyen el espacio para el desarrollo del proyecto de manera autónoma, acompañada por el director y atendiendo, de ser necesario, las recomendaciones propuestas por el jurado sobre el proyecto de tesis. Al culminar el desarrollo de la tesis, el estudiante programará su presentación pública; para ello, debe enviar comunicación formal al Comité de Posgrados. Su aprobación es requisito de grado y está supeditada al concepto favorable del jurado. Para la programación de la defensa pública, es requisito que el estudiante entregue el documento de tesis con los siguientes apartados: i) resumen o abstract; ii) introducción: planteamiento del problema y descripción general de la aproximación para su resolución, y contribuciones específicas del autor; iii) presentación de la investigación: mínimo tres capítulos (los artículos derivados de la investigación podrán reemplazar los capítulos de esta sección); iv) conclusiones generales e impacto de la investigación. Si el estudiante cuenta con el registro de una patente, esta será equivalente a un artículo de los anteriormente mencionados, y el capítulo deberá incluir la descripción de los ejemplos que soportan la patente en los cuales contribuyó de manera directa el estudiante.

En caso de ser aprobada la tesis, el jurado puede sugerir una mención especial si los resultados del proyecto son excepcionales. El Comité de Posgrados tendrá en

consideración la aprobación de la distinción *Laureada*. La aprobación de esta mención se registrará por la normatividad adicional del Reglamento Académico de Posgrados y en el Reglamento específico del DCN. La decisión final sobre aprobación y posible mención será consignada por el Comité de Posgrados en el acta de su reunión más próxima.

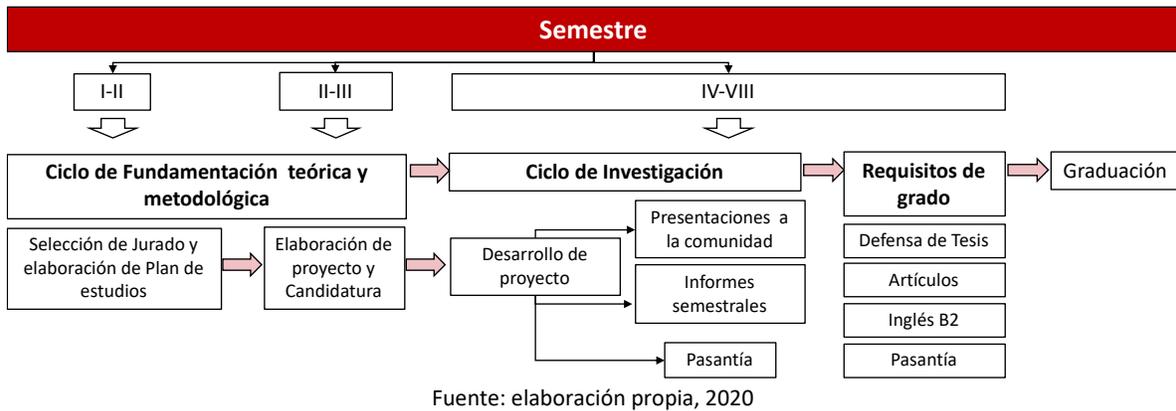
Además, el estudiante debe desarrollar una pasantía de investigación con el ánimo de expandir sus redes de colaboración, su visión del mundo y sus habilidades científicas en el marco de una estancia corta acorde con los objetivos generales de su tesis doctoral. La pasantía se debe llevar a cabo en una institución nacional, diferente a la Universidad del Rosario, o extranjera bajo la dirección de un tutor de la institución que lo acoge, y de acuerdo con los lineamientos definidos en el Reglamento Específico del DCN. La pasantía será homologable a una de las asignaturas de Tesis I-IV y requerirá de la aprobación del director y del Comité de Posgrados.

Tabla 18. Asignaturas electivas para el Doctorado en Ciencias Naturales

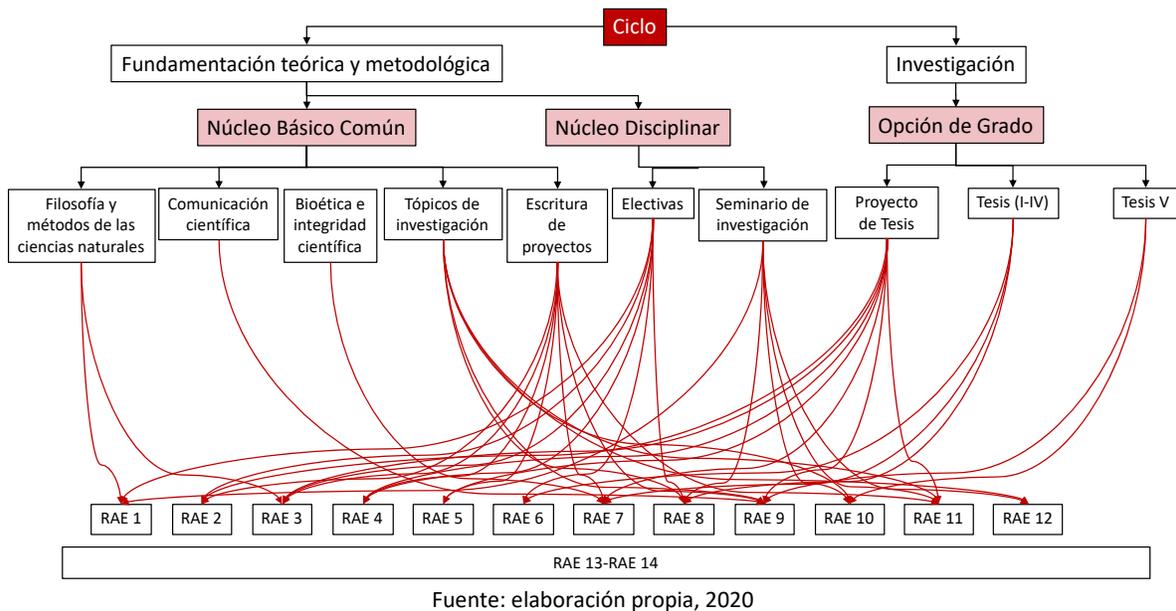
Nombre de la asignatura*	Facultad/escuela que la ofrece
1. Landscape Ecology	Facultad de Ciencias Naturales
2. Análisis de datos con R	Facultad de Ciencias Naturales
3. Ecología del comportamiento animal	Facultad de Ciencias Naturales
4. Geología Física	Facultad de Ciencias Naturales
5. Nanobiología	Facultad de Ciencias Naturales
6. Biología molecular de enfermedades infecciosas	Facultad de Ciencias Naturales
7. Biología celular	Facultad de Ciencias Naturales
8. Biología celular y molecular del cáncer	Facultad de Ciencias Naturales
9. Bioestadística	Facultad de Ciencias Naturales
10. Diseño experimental	Facultad de Ciencias Naturales
11. Bioestadística avanzada/ Profundización en bioestadística	Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
12. Revisiones sistemáticas y metaanálisis	Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
13. Salud pública	Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
14. Minería y ambiente	Facultad de Jurisprudencia
15. Economía ambiental y valoración de costos ambientales	Facultad de Jurisprudencia
16. Derecho ambiental, cambio climático y biodiversidad	Facultad de Jurisprudencia
17. Electiva de investigación I-III	Facultad de Ciencias Naturales
18. Ecología cognitiva	Facultad de Ciencias Naturales
19. Biogeography	Facultad de Ciencias Naturales
20. Mamíferos marinos	Facultad de Ciencias Naturales
21. Pensamiento crítico y diseño experimental en ecología	Facultad de Ciencias Naturales

* Este oferta se ampliará con el crecimiento de la planta de docentes-investigadores de la FCN.

Fuente: elaboración propia, 2020



Gráfica 2. Ruta de formación del Doctorado en Ciencias Naturales



Gráfica 3. Relación entre ciclos, núcleos de formación, asignaturas y RAE

La gráfica 3 muestra el rico tejido producto de la interrelación de conocimientos, destrezas y actitudes que se desarrollan en las asignaturas y otras actividades académicas para el alcance de los RAE. Es decir, que no existe una relación directa entre cada RAE y una asignatura, núcleo o ciclo de formación, lo cual explica la intrincada representación gráfica. Además, el trabajo en grupo y el aprender a aprender son fundamentales a través de todo el proceso formativo. La Tabla 19 presenta la relación directa entre cada uno de los RAE y las asignaturas del DCN.

Tabla 19. Consistencia entre RAE y asignaturas del plan de estudios

RAE genéricos	Asignaturas
RAE 1. Apropiar los fundamentos teóricos y epistemológicos de las ciencias naturales en su área de investigación	- Filosofía y métodos de las ciencias naturales - Electivas - Seminario de investigación
RAE 2. Identificar un problema de investigación de las ciencias naturales y formular las preguntas asociadas a él	- Proyecto de tesis - Escritura de proyectos - Electivas
RAE 3. Plantear hipótesis pertinentes para explicar el objeto de estudio	- Filosofía y métodos de las ciencias naturales - Proyecto de tesis - Escritura de proyectos - Electivas
RAE 4. Proponer estrategias objetivas y realistas para la evaluación de las preguntas de investigación	- Proyecto de tesis - Escritura de proyectos - Electivas
RAE 5. Escribir una propuesta de investigación de manera autónoma	- Proyecto de tesis - Escritura de proyectos
RAE 6. Aplicar metodologías propias del campo de investigación para la obtención de datos	- Electivas - Tesis I-V
RAE 7. Implementar el marco ético necesario para el desarrollo de su investigación	- Integridad científica - Proyecto de tesis - Tesis I-V - Escritura de proyectos
RAE 8. Interpretar las observaciones resultado de la indagación en ciencias naturales	- Electiva de análisis de datos - Tesis I-V - Seminario de investigación - Tópicos de Investigación
RAE 9. Comunicar de manera oral y escrita, los propósitos, procedimientos y resultados de su investigación a sus pares académicos y a la sociedad	- Comunicación científica - Proyecto de tesis - Escritura de proyectos - Tópicos de Investigación - Tesis V
RAE 10. Incorporar nuevo conocimiento en el marco teórico de las ciencias naturales	- Tesis V - Tópicos en Investigación - Seminario de investigación
RAE 11. Construir propuestas de investigación en ciencias naturales para la consecución y gestión de recursos de fondos concursables	- Proyecto de tesis - Escritura de proyectos - Tópicos de Investigación - Seminario de investigación
RAE 12. Reconocer la estructura del pensamiento científico en la investigación de sus pares dentro y fuera de su área disciplinar	- Tópicos de Investigación - Seminario de investigación
RAE 13. Trabajar en equipo	Competencia transversal propia de la vivencia en el DCN
RAE 14. Aprender a aprender	Competencia transversal propia de la vivencia en el DCN

Fuente: elaboración propia, 2020

2.5.3 Distribución de créditos por núcleos de formación y organización de periodos académicos

El DCN hace parte de la Escuela Doctoral de la Facultad de Ciencias Naturales. El plan de estudios del DCN está estructurado en tres núcleos de formación (básico, disciplina y opción de grado), consta de 90 créditos académicos distribuidos en ocho semestres de 16 semanas. A continuación, se describe la distribución de los créditos a través de los ocho semestres (Tabla 20):

1. *Núcleo Básico* (8 créditos). El DCN incluye cuatro asignaturas obligatorias en su núcleo básico: Integridad Científica (2 créditos), Comunicación Científica (2 créditos), Filosofía y Métodos de las Ciencias Naturales (2 créditos), Escritura de Proyectos (2 créditos) (Anexo 3).
2. *Núcleo Disciplinar* (30 créditos). El DCN incluye tres grupos asignaturas: i) Tópicos de Investigación I-V (un crédito cada una, para un total de 5 créditos; ii) Seminario de Investigación I-V (2 créditos cada uno); iii) una bolsa de 15 créditos electivos. Será potestad del Comité de Posgrados aprobar la inclusión de materias de otras escuelas, facultades y universidades dentro del núcleo disciplinar del doctorando (Anexo 3).
3. *Opción de Grado* (52 créditos). La Opción de Grado representa el ciclo de investigación e incluye dos clases de asignaturas: i) Proyecto de Tesis (4 créditos) y ii) Tesis I-V (48 créditos) (Anexo 3).

Tabla 20. Distribución de créditos de acuerdo con los núcleos de formación

Núcleo de formación	Créditos	Porcentaje del programa	Asignaturas asociadas
Rosarista	0	0	Cátedra Rosarista
Básico	8	9%	- Bioética e Integridad Científica - Filosofía y Métodos en Ciencias Naturales - Comunicación Científica - Escritura de Proyectos
Disciplinar	30	33%	- Electivas - Seminarios de Investigación - Tópicos de investigación (I-V)
Opción de Grado	52	58%	- Proyecto de Tesis - Tesis (I-V)
Total	90	100%	

Fuente: Elaboración propia, 2020

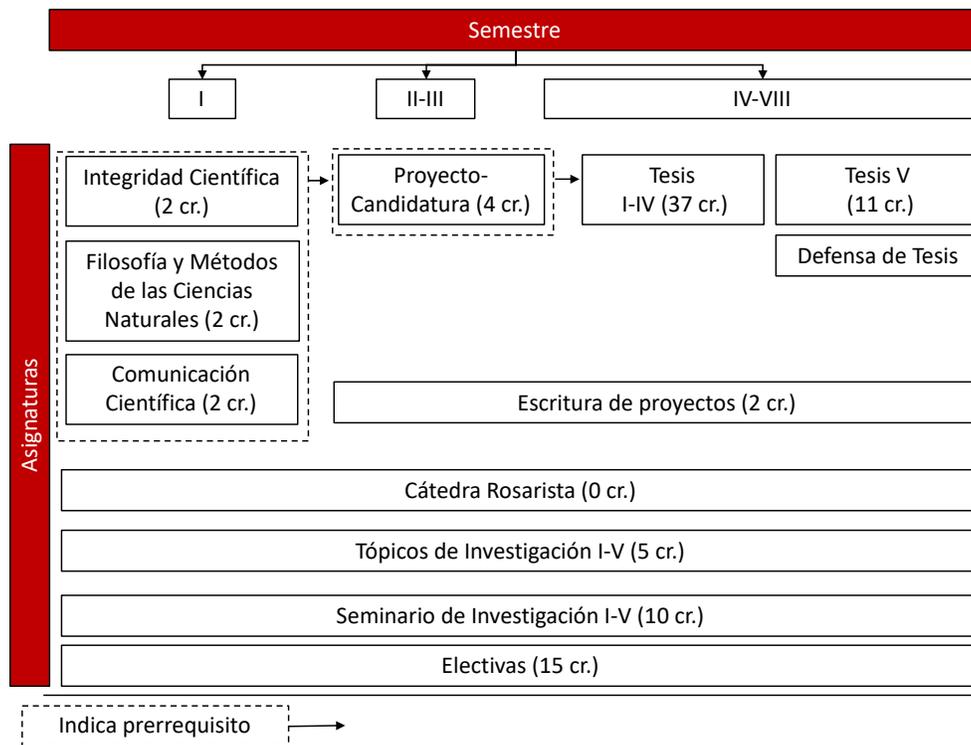
En la Tabla 21 se discrimina esta información por periodo académico con el fin de ilustrar sobre cuál sería la máxima carga que podría asumir el estudiante.

Tabla 21. Ejemplo de distribución de créditos del Doctorado en Ciencias Naturales

Semestre							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Cátedra Rosarista (0)	Tópicos de Investigación I (1)	Tópicos de Investigación II (1)	Tópicos de Investigación III (1)	Tópicos de Investigación IV (1)	Tópicos de Investigación V (1)		
Electiva I (4)	Electiva II (4)	Proyecto de tesis (4)	Tesis I (6)	Tesis II (10)	Tesis III (10)	Tesis IV (11)	Tesis V (11)
Integridad Científica (2)	Electiva III (4)	Electiva IV (3)	Escritura de Proyectos (2)				
Filosofía y Métodos de las Ciencias Naturales (2)							
Seminario de Investigación I (2)	Seminario de Investigación II (2)	Seminario de Investigación III (2)	Seminario de Investigación IV (2)	Seminario de Investigación V (2)			
Comunicación Científica (2)							
12	11	10	11	13	11	11	11

Fuente: Elaboración propia, 2020

La Gráfica 4 refleja la flexibilidad para el tránsito del estudiante por el plan de estudios de acuerdo con sus necesidades, consecuencia de que solo algunas asignaturas tienen prerrequisitos y de que gran parte de las del ciclo de investigación no están sujetas a su inscripción en un semestre determinado.



Fuente: Elaboración propia, 2020

Gráfica 4. Ruta académica del Doctorado en Ciencias Naturales

2.5.6 Opciones y requisitos de grado

Para optar al título de Doctor en Ciencias Naturales, el estudiante deberá cumplir con los requisitos estipulados en el decreto rectoral 1547 de 2018⁵, y los definidos por el reglamento específico del programa (Anexo 4), así:

- Haber cursado y aprobado todos los créditos (90) de las asignaturas contempladas en el plan de estudios.
- No estar en causal de pérdida de cupo.
- Haber sustentado y aprobado la tesis doctoral.
- Tener por lo menos dos artículos derivados de su tesis como autor principal, así: uno aceptado en una revista Q1 de Scimago, y uno sometido, aceptado o publicado en una revista de categoría al menos Q2, o un artículo aceptado en una revista Q1 más el registro de una patente. En todos estos casos, las fechas de publicación, aceptación o registro de la patente deben ser posteriores al inicio del DCN.
- Certificar la realización de una pasantía externa en institución nacional o extranjera, relacionada con el tema de investigación, y aprobada previamente por el Comité de Posgrados.
- Certificar un nivel B2 de inglés de acuerdo con el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas (MCER).
- Haber cancelado los derechos de grado y encontrarse a paz y salvo con la Sindicatura, el CRAI y cualquier otra dependencia de la Universidad o de cualquier institución con la cual se tenga algún tipo de convenio.
- No haber excedido el tiempo máximo de permanencia en el DCN de acuerdo con el Reglamento Académico de Posgrados.

2.5.7 Estrategias de flexibilización

La Universidad del Rosario reconoce que la flexibilidad es uno de los atributos que permite vincular todos los elementos constitutivos del currículo (Proyecto Educativo Institucional PEI, 2018), así: i) el desarrollo del conocimiento por medio de la formación, ii) la interacción pedagógica, iii) la materialización de los propósitos de formación, y iv) los perfiles de egreso de cada programa académico. Cada uno de ellos se articula en la experiencia educativa del estudiante, dando relevancia a su autonomía y poder de toma de decisiones como actor esencial del proceso formativo. La Universidad considera la flexibilidad desde dos perspectivas: primero, como la apertura de límites y de relaciones entre los diferentes campos de conocimiento que conforman un currículo; y segundo, como la materialización mediante la presencia de una oferta académica amplia, diversificada y diferenciada. A partir

⁵ Reglamento Académico de Posgrados. Disponible en <http://www.urosario.edu.co/Documentos/Administrativos/Decretos/Decreto-Rectoral-1547-Reglamento-Academico-de-Posg.pdf>

de estos elementos, la Universidad despliega diversas rutas formativas que responden a los intereses y las proyecciones profesionales y laborales de los estudiantes, propendiendo por el fortalecimiento de perfiles de egreso diferenciados, integrales y polivalentes que consoliden profesionales competentes en un contexto globalizado.

La Escuela Doctoral de la FCN materializa los objetivos de flexibilización, generando un continuo formativo entre la MCN y el DCN, que facilita y fortalece la conexión entre programas. Así, en coherencia con las políticas de flexibilización de la Universidad, el DCN presenta las siguientes estrategias:

Flexibilidad en el ingreso. Los estudiantes pueden ingresar al doctorado por varias rutas:

- i) Graduados de la Maestría en Ciencias Naturales (MCN) de la Universidad del Rosario que cumplan con éxito los requisitos de ingreso del DCN. Al graduado de la MCN se le podrán reconocer hasta 25 créditos de su plan de estudios de maestría en el DCN (28%; Tablas 22), lo cual permite completar la formación doctoral en tres años (Tablas 23 y 24). Esto, acoplado con la opción co-terminal entre los pregrados de la FCN y la MCN, permite que los estudiantes de los programas de pregrado que toman como opción de grado la ruta co-terminal puedan alcanzar su formación completa (pregrado a doctorado) en 8 años (Tabla 24). El estudiante de la MCN que desee ingresar al DCN debe declarar su intención de ingreso durante el segundo año de su maestría, mediante comunicación formal dirigida al Comité de Posgrados y contando con el aval de un profesor con doctorado de la FCN. Luego de obtener el título de MCN, el estudiante deberá completar el proceso para ser admitido como estudiante regular del doctorado. En cualquier caso, el Comité de Posgrados, de acuerdo con el Reglamento Académico de Posgrados, ponderará para cada situación las competencias alcanzadas en investigación y en la rama temática elegida para su tesis en relación con los RAE del DCN.

Tabla 22. Asignaturas de la MCN reconocidas en el DCN

Maestría en Ciencias Naturales-UR	Doctorado en Ciencias Naturales
Asignatura reconocida (créditos)	Asignatura equivalente (créditos)
Comunicación científica (2)	Comunicación científica (2)
Análisis de datos (4)	Créditos electivos (4)
Tesis II (8)	Electiva de Investigación I-II (8)
Seminario de Investigación I-II (4)	Seminario de Investigación I-II (4)
Asistencia obligatoria a Seminario de la FCN	Tópicos de Investigación I-III (3)
Créditos electivos (4) completados con dos de las siguientes asignaturas obligatorias: -Integridad científica (2) -Filosofía y Métodos de las Ciencias Naturales (2) -Escritura de proyectos (2)	Créditos (4) completados con dos de las siguientes asignaturas obligatorias: -Integridad científica (2) -Filosofía y Métodos de las Ciencias Naturales (2) -Escritura de proyectos (2)
Total = 22 créditos	Total = 25

Fuente: elaboración propia, 2020

Tabla 23. Ejemplo de distribución de créditos del tránsito desde la Maestría en Ciencias Naturales hacia el Doctorado en Ciencias Naturales

Semestre					
I	II	III	IV	V	VI
Tópicos de Investigación IV (1)			Tópicos de Investigación V (1)		
Proyecto de tesis (4)	Tesis I (6)	Tesis II (10)	Tesis III (10)	Tesis IV (11)	Tesis V (11)
Electiva IV (3)	Escritura de Proyectos (2)				
Seminario de Investigación III (2)	Seminario de Investigación IV (2)	Seminario de Investigación V (2)			
10	10	12	11	11	11

Fuente: elaboración propia, 2020

- ii) Graduados de maestrías de cualquier universidad nacional o extranjera que cumplan con los requisitos de ingreso generales de la Universidad y los particulares del Reglamento del DCN, con títulos afines a las ciencias naturales o graduados de otras disciplinas interesados en resolver problemas inter o transdisciplinariamente desde la plataforma de las ciencias naturales (ruta 3, Tabla 24). El doctorando podrá homologar y validar asignaturas de acuerdo con las normatividades establecidas en el Reglamento Académico de Posgrados.
- iii) Profesionales de las ciencias naturales –o afines a las líneas de investigación de los grupos adscritos al doctorado– de cualquier universidad nacional o extranjera que cumplan con los requisitos de ingreso generales de la Universidad y los particulares del Reglamento del DCN. A través de esta ruta podrán ingresar candidatos que no poseen título de maestría, pero con amplia experiencia demostrada en investigación (rutas 4 y 5, Tabla 24).
- *Flexibilidad del plan de estudios.* En armonía con la visión institucional, el DCN se construye sobre una estructura que ofrece al estudiante la posibilidad de desarrollar sus intereses particulares. El plan de estudios incluye una bolsa de 15 créditos de electividad (17% del total) que le brindan al estudiante la posibilidad de “personalizar” su núcleo disciplinar, de manera que pueda iniciar tempranamente su ciclo de investigación y, por ende, su tesis doctoral. Lo anterior permite acreditar la condición de candidato a doctor y, consecuentemente, optimizar el tiempo de tránsito hacia su opción de grado. Otro mecanismo de flexibilidad que ofrece el DCN consiste en la realización de una pasantía nacional o extranjera que se puede homologar a alguno de los cursos de Tesis (I-V), para completar hasta 24 créditos flexibles (29% del total), es decir, prácticamente una tercera parte del programa académico. Además de esta oportunidad desde el punto de vista académico, la pasantía aportará a los doctorandos la expansión de su visión y de sus habilidades, la construcción de redes de colaboración y la ampliación de la experiencia en un ambiente cultural y lingüístico novedoso.

En síntesis, la flexibilidad en el ingreso y en el plan de estudios propuesta por la Escuela Doctoral de la FCN a través de la MCN y el DCN permiten el tránsito formativo a través de múltiples rutas (Tabla 24).

Tabla 24. Rutas de ingreso y duración del proceso formativo

Ruta	Pregrado UR o externo (años)	Pregrado UR-coterminal (años)	Maestría externa (años)	MCN-UR (años)	DCN (años)	Títulos obtenidos en UR	Duración total (años)
1	-	4	-	1	3	Pregrado Maestría Doctorado	8
2	4-5	-	-	2	3	Maestría Doctorado	9-10
3	4-5	-	2	-	3-4	Doctorado	9-11
4	4-5	-	-	-	4	Doctorado	8-9

*La duración varía dependiendo del tiempo dedicado a obtener experiencia en investigación antes del ingreso al DCN

Fuente: elaboración propia, 2020

2.5.8 Internacionalización del programa

El PID 2015-2020⁶ propuso como uno de sus objetivos el fortalecimiento de competencias interculturales y lingüísticas de los estudiantes a través de la implementación de currículos internacionalizados que incluyan contenidos, recursos y experiencias de enseñanza y aprendizaje que contribuyan a la formación de profesionales capaces de desempeñarse en un mundo globalizado. Para el logro de este objetivo, durante el segundo semestre de 2017 inició el proyecto Internacionalización del Currículo, que buscó promover transformaciones curriculares y pedagógicas encaminadas a fortalecer una oferta académica internacional, mejorar los niveles de bilingüismo en inglés y desarrollar competencias interculturales y lingüísticas en los estudiantes de la Universidad. Dentro del marco de este proyecto, se han diseñado los Lineamientos Institucionales 2018, que establecen orientaciones y estrategias transversales.

Con el fin de que los estudiantes desarrollen competencias en otras lenguas y se expongan a contextos culturales diversos, como parte de su formación integral, el DCN contempla las siguientes estrategias:

- *Movilidad entrante y saliente.* Saliente a través de la realización de pasantías y la participación en cursos y eventos internacionales. Entrante mediante la presencia de profesores invitados, profesores adjuntos, investigadores posdoctorales y *doctoral fellows* que hacen parte de las redes de colaboración internacional de los

⁶ Plan Integral de Desarrollo –PID, Universidad del Rosario. Disponible en: <http://www.urosario.edu.co/Documentos-Institucionales/Otras-normas/170919-PID.pdf>

profesores-investigadores de la FCN. Estos profesores presentarán sus investigaciones en espacios como Tópicos de Investigación, y podrán actuar como jurados y codirectores de tesis de los estudiantes. Igualmente, el DCN está abierto a la recepción de estudiantes de otros países.

- *Exigencia de competencias en inglés* correspondientes al nivel B2 (MCER), entendiéndose que esta es la lengua en la cual se comunica la ciencia en el mundo. Como apoyo para su mejoramiento, los profesores del DCN constituyen un elemento clave toda vez que la totalidad de ellos cotidianamente lo emplean en su comunicación, y en la FCN se dictan asignaturas en esta lengua.
- *Vinculación de profesores extranjeros*. La FCN cuenta con políticas de reclutamiento internacional con el fin de enriquecer la experiencia multicultural y multilingüística de la comunidad académica y científica de todos los programas que alberga. En la actualidad aproximadamente la quinta parte de los profesores son extranjeros.
- *Participación en redes*. Todos los profesores de la FCN participan en redes de investigación internacional.

La lengua ha sido un factor que históricamente ha unido o separado corrientes de pensamiento científico. En la actualidad, el inglés es el idioma común para la comunicación internacional de la actividad científica. Las publicaciones de mayor reconocimiento e impacto presentan literatura en inglés y las conferencias científicas de carácter internacional siempre se desarrollan en esta lengua. Por ello, el DCN propende por el desarrollo de habilidades de comunicación a través de la incorporación de asignaturas en inglés y la escritura en inglés de artículos científicos derivados del proyecto de tesis. Adicionalmente, el DCN promueve la realización de una pasantía que incluye países angloparlantes, lo cual favorece la exposición al inglés en contextos académicos y cotidianos, expandiendo a la vez el horizonte cultural del doctorando. Finalmente, es requisito de grado que el doctorando demuestre su capacidad de comunicación en inglés a través de un resultado de por lo menos nivel B2 (MCEL) acreditado por una institución certificada para tal fin.

3. ORIENTACIONES PEDAGÓGICAS Y DIDÁCTICAS

3.1 Estrategias didácticas

En consonancia con el Proyecto Educativo Institucional (PEI), la modalidad de ofrecimiento, la naturaleza de su objeto de estudio y el nivel de formación, el DCN desarrollará estrategias de enseñanza-aprendizaje tendientes a que el estudiante alcance las competencias necesarias para el logro de los RAE y, consecuentemente, los propósitos de formación. El DCN reconoce la lectura crítica, la escritura epistémica y la comunicación oral efectiva como pilares transversales a la formación doctoral. Además, como estrategias para alcanzar estos propósitos, el DCN: i) fortalece los fundamentos teóricos y metodológicos, ii) permite la inmersión permanente en investigación práctica y, iii) genera espacios de realimentación. Para fortalecer los fundamentos teóricos y metodológicos se recurre a:

- **Clase magistral.** Ofrece un marco de referencia para el inicio y abordaje de un tema particular. Se dirige al desarrollo de los conceptos básicos que faciliten el autoestudio y la comprensión del tema.
- **Conferencias.** Permiten al doctorando conocer de primera mano cómo se gestiona y consolida la investigación durante la presentación de reconocidos científicos.
- **Seminarios.** Son un espacio de discusión formativa alrededor de una temática específica. Fortalecen la argumentación, el pensamiento crítico, las habilidades comunicativas y el trabajo independiente y autónomo.

Para la inmersión permanente en investigación práctica se vale de:

- **Prácticas de laboratorio.** Se fundamentan en el aprender haciendo. Durante las prácticas, el estudiante desarrolla habilidades que le permiten el uso de tecnologías y metodologías propias de una disciplina. Además, las actividades antes, durante y después de la práctica, promueven el aprendizaje entre pares, el trabajo en equipo, la lectura y el pensamiento críticos, y la escritura científica.
- **Talleres.** Son escenarios de aprendizaje activo y colaborativo que permiten fortalecer una o varias competencias que conducen a un producto derivado de la actividad. Incentivan el trabajo individual y grupal, la discusión, la comunicación, y el uso de tecnologías específicas.
- **Salidas de campo.** Exponen a los estudiantes a escenarios reales para la observación directa, la colecta de muestras y de datos, y el desarrollo de destrezas. Promueven el trabajo en equipo, la comunicación, la solidaridad, la empatía, y el reconocimiento y la identificación de las necesidades tangibles de la sociedad.
- **Estudios de caso.** Enfrentan a los estudiantes a situaciones reales o simuladas para analizar un problema, establecer relaciones causa-efecto entre sus componentes y recomponerlo para dar solución con base en la transferencia de los conocimientos teóricos y el uso de modelamientos.

Para generar espacios de realimentación utiliza:

- **Tutorías individuales.** Representan la interacción directa y enfocada entre el docente y el estudiante. Favorecen la identificación y resolución de retos y la realimentación del proceso formativo.
- **Presentaciones orales.** Brindan un escenario para la discusión, el debate y el intercambio de ideas, la presentación de resultados y la realimentación entre pares.

3.3 Evaluación del aprendizaje

El DCN reconoce el valor de la evaluación como actividad formativa que reta al doctorando a utilizar y mejorar las habilidades y competencias alcanzadas dentro de una asignatura o un ciclo. En consecuencia, el modelo de evaluación del DCN propende por aprendizajes activos, auténticos y alineados con los propósitos de formación del estudiante, brindando coherencia al currículo. De esta manera, las asignaturas electivas son evaluadas de manera distinta dependiendo de si su naturaleza es teórica o teórico-práctica. Las teóricas se evalúan a través de ejercicios, presentaciones y pruebas orales y escritas, siempre en la búsqueda de procesos formativos para alcanzar los RAE. Por otro lado, las electivas teórico-prácticas, que buscan el desarrollo de habilidades y destrezas de investigación, son evaluadas a través de reportes parciales y finales que permiten reconocer la capacidad del doctorando para identificar preguntas de investigación y plantear e implementar estrategias para su resolución.

El DCN cuenta con dos hitos evaluativos fundamentales. La prueba de Candidatura y la Defensa Doctoral son escenarios de evaluación oral y escrita que permiten al doctorando demostrar su fundamentación teórica, su capacidad para formular y desarrollar un proyecto de investigación, y su capacidad para comunicar, de manera pertinente y eficiente, los resultados de su proceso. En ambos casos, la evaluación incorpora una realimentación que permite al doctorando fortalecer sus habilidades y mejorar los productos. A diferencia de las asignaturas regulares, las asignaturas de Candidatura y Defensa Doctoral se aprueban dependiendo del concepto del jurado.

Para la valoración tanto de los productos como del proceso en el avance de los estudiantes hacia el alcance de los RAE, el DCN propone instrumentos tipo rúbricas en los cuales se analizan los criterios que componen una tarea y se describen los estándares de desempeño para cada uno. De esta manera, a pesar de que la evaluación se encuentra inscrita primordialmente en un modelo cuantitativo, el estudiante en todos los casos recibirá una realimentación basada en instrumentos de evaluación desarrollados por expertos. Adicionalmente, toda vez que las rúbricas son conocidas por el estudiante al inicio del proceso, le brindan derroteros tanto para la selección de rutas cognitivas para lograrlo como para la organización de las tareas que le implican.

Otro instrumento para la valoración de procesos y productos de enseñanza-aprendizaje lo constituye el informe que redactan conjuntamente el director de tesis y el estudiante en las asignaturas Tesis I-V, y que es presentado al Comité de Posgrados. El DCN incorporará puntos de control de este ejercicio, semestralmente por el director para analizar el avance en los RAE y el desarrollo del proyecto *per se*. De esta manera, cuando el estudiante defienda su tesis no solo estará dando cuenta del producto de investigación, que en todo caso implica unos criterios y estándares definidos por el Comité de Posgrados, sino que también se contará con un récord de logros del estudiante a lo largo de su recorrido por el programa.

Con estos instrumentos, el DCN garantiza la coherencia entre las estrategias educacionales propias de este nivel de formación –en el cual el énfasis es el alcance de RAE tendientes a alcanzar las competencias en investigación propiamente dicha– con productos que rompan las fronteras del conocimiento.

3.4 Seguimiento al trabajo autónomo

En coherencia con el enfoque pedagógico de la Universidad, basado en el aprender a aprender, el DCN resalta el trabajo autónomo –fundado en las capacidades metacognitivas y de autorregulación– como el rasgo distintivo que permea la formación, y reconoce al estudiante como actor principal y al docente como orientador. Así, son fundamentales el acompañamiento y el seguimiento para conocer las características idiosincráticas del estilo de aprendizaje del estudiante, identificar las fortalezas y debilidades, y redirigir esfuerzos que optimicen el proceso formativo.

En el DCN, el seguimiento se ve favorecido por la elevada relación entre el número de profesores y el número de estudiantes, que permite un acercamiento y conocimiento de las dimensiones emocionales, cognitivas y culturales para apoyar el desempeño académico de los estudiantes. Además, la estructuración del trabajo académico a través del sistema integral de créditos, garantiza una distribución del tiempo entre el contacto directo y el trabajo independiente del estudiante, producto de la planeación conjunta con el profesor de las actividades dentro y fuera del aula. En este escenario, se distinguen dos tipos de seguimiento: en ciclos cortos y en ciclos largos. Los primeros son propios de la evaluación y realimentación de las asignaturas, y buscan verificar el cumplimiento de los RAE específicos de los cursos. Los ciclos largos cubren periodos más amplios, realimentan el proceso formativo general a través de la discusión con el director en reuniones semestrales, que es consolidada en el informe de Tesis I-V. Las Tesis (I-V), nucleares al ciclo de investigación, adquieren un matiz distintivo en el seguimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje. Al finalizar cada semestre, el estudiante y el docente analizan el progreso de la tesis y reflexionan sobre el proceso formativo.

4. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El DCN apuntará al mejoramiento continuo de su gestión, estructura y pertinencia, atendiendo a los lineamientos institucionales de autoevaluación y autorregulación, y a las exigencias gubernamentales presentadas en el Modelo de Acreditación en Alta Calidad del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2020). En coherencia con la Universidad, el DCN entiende la autoevaluación como un proceso de reflexión que permite identificar fortalezas y debilidades, y definir mecanismos de mejoramiento (Modelo de Autoevaluación Institucional de la Universidad del Rosario, 2015). La efectividad de este proceso se asegura por la incorporación de múltiples actores e instancias de la Universidad y de la Facultad, así:

Universidad

- Vicerrectoría
- Comité de Doctorados: integrado por los directores de las escuelas doctorales de la Universidad y por el Director Académico, el comité evalúa, realimenta y propone cambios necesarios para el mejoramiento de los doctorados de la Universidad.
- Dirección Académica-Gestión Académica: acompaña y guía los procesos de autoevaluación, autorregulación, mejora y preparación para procesos de acreditación.

Facultad

- *Comité curricular*: Supervisa y aprueba los procesos conducentes a la evaluación y mejora del currículo de todos los programas de la Facultad.
- *Comité de Autorregulación y Gestión Curricular*: apoya los procesos de creación, actualización, mejoramiento y evaluación de los programas.
- *Escuela Doctoral*: gestiona los procesos conducentes al mejoramiento de los programas de posgrados de la Facultad.
- *Comité de Posgrados*: es el órgano colegiado decisorio de la Escuela Doctoral. El comité evalúa y aprueba las modificaciones y políticas necesarias para el mejoramiento de la gestión del DCN y el cumplimiento de los compromisos propuestos en los posgrados de la FCN. Dentro del Comité es fundamental el papel del representante de los estudiantes, quien permite una mirada desde los actores principales del proceso formativo.
- *Dirección Administrativa y Financiera*: contribuye con estrategias para el mejoramiento y la optimización constante de la gestión de recursos, apuntando a facilitar las funciones de investigación, extensión y docencia.
- *Dirección de Investigación*: reflexiona de manera constante sobre las políticas relacionadas con la gestión de investigación de docentes y estudiantes.

Programa

- *Dirección de programa*. Gestiona los procesos conducentes al mejoramiento del programa, aprobados por el Comité de Posgrados. Además, propone y presenta al Comité estrategias, herramientas y mecanismos para la evaluación, el mejoramiento continuo y el cumplimiento de los estándares necesarios para la acreditación.

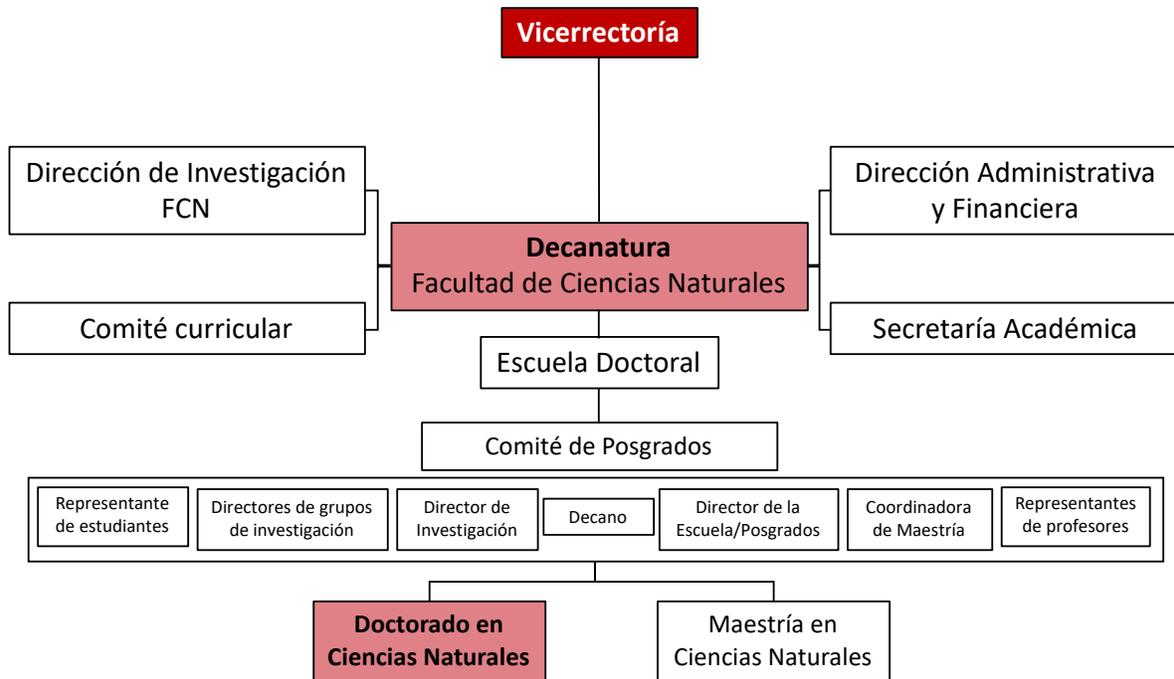
5 ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA DEL PROGRAMA

5.1 Organigrama

El Doctorado en Ciencias Naturales consolida la creación de la Escuela Doctoral, la cual administra y gestiona todos los programas de posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales (FCN). Dentro de la Escuela Doctoral, el Comité de Posgrados es el cuerpo colegiado decisorio, presidido por el decano, el director de la Escuela y los directores de los programas de posgrado. Además, lo conforman el director de investigación de la FCN, los representantes de los grupos de investigación y de los profesores, y un representante de los estudiantes de la escuela. El Comité de Posgrados: i) define e implementa las políticas de posgrado de la FCN, en coherencia con el Reglamento Académico de Posgrados, y ii) dirige los procesos de evaluación y mejoramiento de la gestión del DCN, y vela por el cumplimiento de los compromisos propuestos en los posgrados de la FCN.

Además, la Escuela Doctoral recibe apoyo de las siguientes instancias y unidades de la FCN para la gestión de sus programas (Gráfica 5):

- *Secretaría Académica*: apoya los trámites y procedimientos asociados con la gestión académica de los programas de la FCN.
- *Comité Curricular*: define las políticas curriculares de los programas de la FCN y supervisa y aprueba los procesos de autoevaluación.
- *Dirección de Investigación-FCN*: es la dependencia encargada de: i) articular las acciones de la FCN con la Dirección de Investigación e Innovación (DIEI) de la Universidad y con el Comité de Autorregulación Académica (Mesa Investigación); ii) proponer y promover estrategias que optimicen y exalten el ejercicio de la investigación a la luz de las metas de la FCN; y iii) unificar y ejecutar las políticas y los procedimientos internos asociados a la organización de grupos de investigación, semilleros de investigación, incentivos por producción intelectual, entre otros.
- *Dirección Administrativa y Financiera*: apoya, supervisa y facilita los procedimientos asociados a la ejecución de fondos de investigación tanto de recursos internos como externos.



Gráfica 5. Organigrama del Doctorado en Ciencias Naturales

5.2 Apoyo a la gestión académica-administrativa

5.2.1 Laboratorios

5.2.1.1 Laboratorios de docencia

En la Quinta de Mutis, la Facultad de Ciencias Naturales cuenta con más de 460 m² de áreas de laboratorios de investigación y docencia, y 70 m² de áreas de cómputo recientemente remodeladas para su uso exclusivo, las cuales se describen a continuación.

- Laboratorio de Ciencias Naturales I.** Destinado a docencia en pregrado y posgrado. Tiene capacidad para 30 estudiantes. Está dotado con zona de lavado y lavaojos. Cuenta con seis mesones acondicionados con agua y gas, y con una cabina de bioseguridad con funciones de extracción de gases, microscopios, estereoscopios y punto de CO₂.
- Laboratorio de Ciencias Naturales II.** Posee la infraestructura necesaria para realizar prácticas de docencia en física mecánica y electromagnética. Dispone de agua y gas en cada uno de los seis mesones y zona de lavado y lavaojos. Tiene capacidad para 30 estudiantes.
- Laboratorio de Ciencias Naturales III.** Cuenta con la estructura física y equipos para prácticas en biología molecular y biología celular: extracción de ADN, PCR,

electroforesis, extracción de ARN. Cuenta con nueve estaciones de PCR, incubadoras de CO₂, fotodocumentador, centrífuga refrigerada, vortex, baño seco y cámaras de electroforesis.

- **Laboratorio de Microbiología.** Cuenta con dos mesones de trabajo, cada uno dotado de mecheros. Se pueden realizar protocolos como: i) Tinción de Gram. ii) Siembra de microorganismos. iii) Pruebas bioquímicas para la identificación de microorganismos. iv) Clonación y transformación. Está dotado con microscopios, microscopios invertidos, microscopios con cámara y baño serológico.

1.1.1.1 Laboratorios de investigación

- **Laboratorio de Biología Celular.** Espacio diseñado para investigaciones sobre comportamiento celular y cultivos celulares. Cuenta con tres cuartos: cultivo celular, cuarto oscuro y ensayos *in vivo*. Dispone de una cabina de flujo laminar, incubadora de CO₂, baño serológico, centrífuga, microscopio de fluorescencia e incubadora de embriones.
- **Laboratorio de Biología Molecular.** Posee la infraestructura para el desarrollo de procedimientos y técnicas de investigación en genética molecular. Está dotado con centrífugas, microcentrifugas, balanzas analíticas, baño seco, vortex, termocicladores, citómetro de flujo, espectrofotómetro, cámaras de electroforesis, campana de extracción de gases, minispín, estación de PCR.
- **Laboratorio de Ciencias Ambientales.** Provee un espacio para el desarrollo de estudios multidisciplinarios con enfoques variados, en áreas como ecología del paisaje, economía ecológica y sistemas socio-ecológicos. Puede ser utilizado para analizar imágenes satelitales en computadores de alta capacidad y para hacer simulaciones espacio-temporales de sistemas complejos; además, para desarrollar actividades complementarias de los laboratorios de Ecología y Zoología. Cuenta con pulverizador, micrótopo, horno, cuantificador de ADN tecan.
- **Laboratorio de Ecología.** Allí se desarrollan proyectos de investigación relacionados con la ecología y la fisiología de las plantas. Las pruebas y los ensayos que se realizan en el laboratorio son: i) Fotosíntesis y otras variables relacionadas con la fisiología de las hojas. ii) Biomasa seca y húmeda. iii) Área foliar y masa por unidad foliar. iv) micro-meteorológicas. v) Crecimiento de plantas en exposición a luz artificial. vi) Modelamiento ecológico cuantitativo de sistemas complejos. Dispone de analizador de suelos, hornos, cromatógrafo de gases, cámaras de fotosíntesis, sistema portable de fotosíntesis, sistema de fluorescencia para fotosíntesis, micrómetros, balanzas, estaciones climáticas, fluorómetro de cámara de hojas, cámara de flujo de CO₂ del suelo, drones.
- **Laboratorio de Genética Evolutiva.** Espacio que enfoca sus esfuerzos en la aplicación de datos genéticos y genómicos junto con técnicas moleculares avanzadas para

entender los mecanismos evolutivos y moleculares que controlan la formación de la extensa biodiversidad neotropical, especialmente de mariposas, arañas y libélulas. Cuenta con vortex, minispin, estereoscopio con cámara, microinyector, homogenizador, microcentrífuga, cámaras de electroforesis, hibridizador, incubadora agitadora, fluorómetro Qubit.

- **Laboratorio de Microbiología.** Diseñado para la investigación microbiológica y molecular en bacteriología, parasitología, micología y estudios de entomología e inmunología. Cuenta con autoclaves, estación de PCR, incubadoras de CO₂, cámaras de electroforesis, termocicladores, incubadora normal, cabina para manejo de hongos y bacterias, cabina de flujo laminar, balanzas analíticas, vortex, centrífugas, microcentrífugas.
- **Laboratorio de Zoología.** Espacio para la investigación básica y aplicada encaminada a los estudios taxonómicos, sistemáticos, ecológicos y fisiológicos en vertebrados e invertebrados. Allí se realizan mediciones morfológicas, anatómicas, moleculares y fisiológicas, entre otras, de muestras obtenidas en campo. Cuenta con polígrafos para detección de señales fisiológicas, cabina de flujo laminar con funciones de extracción de gases, microscopios y microscopios invertidos.
- **Otras áreas de laboratorio.** Los laboratorios de la FCN cuentan con otras zonas de uso común, con un área de 15,62 m² para un cuarto oscuro, almacenamiento de reactivos, depósito de material y la oficina de coordinación. Adicionalmente existe un área de circulación, una ducha de emergencia.
- **Espacio para estudiantes doctorales.** La FCN cuenta con cubículos para el trabajo de los estudiantes de doctorados.

5.2.2 Otros espacios de apoyo para la investigación

Estación Experimental de Campo “José Celestino Mutis” (EEJCM)

Ubicada entre La Vega y Sasaima, Cundinamarca. Se encuentra a 1,5 horas de Bogotá. El predio, adquirido en el 2016, cuenta con 12,5 hectáreas y se encuentra a una elevación de 1.300 msnm. El 80% del terreno es bosque de clima cafetero. Cuenta con respaldo eléctrico brindado por una planta de emergencia tipo Prime, la cual brinda soporte las 24 horas; y se adelanta un proyecto de red de media tensión con un transformador de 45 KVA. En su primera fase, la EEJCM tiene instalados módulos de insectarios (733,9 m²) para investigaciones, laboratorio, bodega, dormitorios y baños para albergar siete personas (103,13 m²), zona de camping y carpas, aula, cocina y comedor (119,8 m²), parqueadero (471,8 m²) y áreas de circulación (366,55 m²) para un total de 1.794,76 m² construidos. La segunda fase considera la ampliación de los dormitorios y la construcción de senderos.

La EEJCM ofrece un espacio científico interdisciplinario para entender la resiliencia ambiental y el desarrollo económico responsable, permitiendo la ejecución de proyectos en ciencias básicas: evolución, ecología, fisiología, taxonomía y geología. Investigación en temas específicos: sucesión ecológica y restauración de bosques; ciclos biogeoquímicos e intercambio gaseoso; biología de la conservación, cambio climático, pérdida de biodiversidad, especies invasoras y sostenibilidad. Constituye un espacio para investigativas con universidades nacionales y extranjeras para realizar estudios comparativos, así: trópicos vs. altas latitudes y/o alta vs. baja montaña. Alianzas con universidades y centros internacionales para avanzar en la investigación sobre el medio ambiente y las ciencias naturales. Soporte a programas de pregrado, maestría y doctorado con los mejores estándares de calidad internacional. Cursos de campo dirigidos a estudiantes nacionales e internacionales. Sensibilización al público sobre la importancia del medio ambiente y la sostenibilidad.

5.3 Medios virtuales para la docencia, la investigación y la extensión

5.3.1 Centro de Alto Desempeño de la Universidad del Rosario (CENTAURO)

CENTAURO es un servicio de computación para apoyo a la investigación, la innovación y la docencia. Su principal misión es suplir las necesidades de estudiantes, investigadores y los docentes en proyectos que requieren alta capacidad de cómputo (HPC) y procesamiento de grandes volúmenes de información. CENTAURO optimiza el proceso de investigación, reduciendo los tiempos de ejecución de cómputo, suministrando mayor capacidad de cómputo y almacenamiento para contemplar escenarios no posibles sin infraestructura especializada. CENTAURO es clave en el modelamiento computacional climático y ambiental y en el análisis de datos genómicos y transcriptómicos.

5.3.2 Disponibilidad de recursos informáticos

Los usuarios pueden acceder a los recursos bibliográficos desde las modernas instalaciones del CRAI o mediante el acceso remoto, desde cualquier lugar, lo cual facilita y aumenta los niveles de consulta bajo un esquema de 365 días al año y 24 horas al día. El CRAI cuenta con potentes e innovadoras herramientas de búsqueda para la localización de la información bibliográfica disponible: el Sistema Integrado de Búsqueda-EDS, el catálogo bibliográfico y el buscador de revistas y libros electrónicos a través de la plataforma Full Text Finder. El catálogo en línea permite localizar el material bibliográfico con información sobre su disponibilidad, formato y ubicación.

Así mismo, el Sistema Integrado de Búsqueda ha impactado directamente en la forma de recuperación de información. Esta novedosa herramienta ofrece a los miembros de la

comunidad rosarista acceso a todos los recursos electrónicos e impresos de forma unificada, ágil y sencilla.

5.3.2.1 Herramientas de análisis de impacto de la investigación

El CRAI ofrece acceso a ISI Web of Knowledge con Journal Citation Reports y Scopus, reconocidas herramientas de análisis de la actividad investigativa mundial, para la realización de estudios bibliométricos y medición de impacto de un autor o publicación. Igualmente, estas herramientas permiten identificar las revistas de mayor influencia para decidir la publicación de artículos, o conocer la bibliografía sobre áreas de interés e investigación.

- **Scopus y Web of Science.** Son recursos referenciales que permiten al investigador medir el impacto de las investigaciones y validar el impacto de la producción científica de autores, instituciones y países productores de información relevante en los temas investigados. Para el DCN, permite recuperar la referencia de la producción científica relacionada en temáticas asociadas a ciencias naturales. Estos recursos también ayudan al profesional en la validación de la literatura que consulta y en su ejercicio de investigación. La medición del impacto de la investigación se realiza mediante métricas especializadas.
- **SCImago y Journal Citation Report.** Son herramientas que permiten al investigador medir la producción científica y el impacto de la misma a través del número de citas con las que cuenta cada publicación. Esta información permite al investigador conocer las revistas más destacadas por áreas del conocimiento. Para el caso de las investigaciones en las disciplinas asociadas a las ciencias naturales, SCImago incluye las siguientes áreas temáticas: ciencias agrícolas y biológicas; bioquímica, genética y biología molecular; química; ciencias de la Tierra y planetarias; ciencias ambientales; inmunología y microbiología; ciencias de materiales; multidisciplinario; neurociencia; física y astronomía.

Adicionalmente, el CRAI ofrece acceso a tres gestores bibliográficos (EndNote, Zotero, Mendeley) que permiten gestionar referencias interactuando con las diferentes bases de datos, mediante la importación y exportación de registros bibliográficos, utilizando plantillas y modelos de más 2.000 estilos de citas.

5.3.2.2 Visibilidad de la producción académica y científica

En los últimos años, principalmente con los cambios en la comunicación científica, el nacimiento del movimiento internacional de Acceso Abierto y el desarrollo de las TIC, se han presentado importantes oportunidades para diseñar e implementar servicios relacionados con el impacto y **visibilidad académica**. Nuestro modelo de servicios de medición de impacto y la visibilidad académica, se soporta en la siguiente oferta:

- **Servicio de búsqueda de expertos, basado en las fortalezas institucionales:** A través de la herramienta de la web semántica, que muestra la información estructurada y enlazada, proporcionando resultados enriquecidos por asociaciones y relaciones categorizadas, hemos creado un portal público que reúne todas las fortalezas institucionales y personales. El **HUB-UR: Services & Experts Finder** (<http://research-hub.urosario.edu.co/>) es un único portal en el país, que permite a un estudiante buscar y escoger un tutor de tesis, de forma consiente y de acuerdo a su experiencia, sin necesidad de conocerlo personalmente.
- **Identidad Digital.** Ofrecemos a los docentes e investigadores un apoyo personalizado para la creación y normalización de sus perfiles académicos, así como la estandarización de su firma de autor. Gracias a la agrupación de la producción académica bajo una identidad web única, se fortalece la visibilidad web del investigador y por ende se incrementa la posibilidad de ser citado. A la fecha contamos con el **98%** de los investigadores UR con una presencia web normalizada.
- **Difusión de la producción académica y científica en acceso abierto.** Somos pioneros y líderes en Colombia y en la región, con más de 12 años de experiencia, en la promoción del Acceso Abierto. La materialización de este compromiso lo hacemos a través de dos vías:

Repositorio Institucional E-docUR, que hoy alberga más de 25.331 mil objetos digitales, y recibe más de 1.000.000 visitas al año de más de 100 países.

Portal de Revistas con 11 revistas institucionales, con más de 880.000 visitas de 145 países.

Además de las herramientas y los servicios ofrecidos por el CRAI, la visibilidad de la producción académica que genere el Doctorado en Ciencias Naturales se podrá difundir interna y externamente a través de la Dirección de Comunicaciones de la Universidad y en las cuentas de redes sociales que tendrá el DCN.

5.4 Salas de cómputo

En el Claustro, la FCN cuenta con la sala de cómputo von Newman y con la sala Caldas, dedicadas a experimentación con *hardware*. Cada una tiene 37,5 m² de área y están a completa disposición de los estudiantes del DCN para apoyar las necesidades de sus trabajos de investigación y tesis. Así mismo, los servidores de análisis de la FCN, dedicados exclusivamente a investigación, se encuentran en la sede Claustro, pero son accesibles de manera remota desde la sede Quinta de Mutis. En el campus de Quinta de Mutis la FCN cuenta con varias salas de informática con software que permite realizar prácticas de laboratorio y actividades virtuales.

REFERENCIAS

- Agudelo-Zapata, I.D. (2017). Informe de ponencia para primer debate comisión sexta constitucional permanente de la cámara de representantes al Proyecto de Ley 111 “Por el cual se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y se dictan otras disposiciones. Congreso de la República”. Cámara de Representantes.
- <https://www.camara.gov.co/camara/visor?doc=/sites/default/files/2017-11/PPD%20PROY.LEY%20111%20%28CTI%29.pdf>
- Allen, M.R., Dube, O.P., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., Kainuma, M., Kala, J., Mahowald, N., Mulugetta, Y., Perez, R., Wairiu, M., Zickfeld, K. (2018). Framing and Context. En: *Global Warming of 1.5°C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].
- Andersen, H., Herburn, B. (2016). Scientific method. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2016 Edition)*. Edward N., Zalta (ed.).
- Andres, L., Bengtsen, S.S.E., Gallego-Castaño, L. del P., Crossouard, B., Keefer, J. M., Pyhalto, K. (2015). Drivers and interpretations of doctoral education today: National comparisons. *Frontline Learning Research* 3: 5-22.
- Ayala, F.J. (2009). Darwin and the scientific method. En: *In the light of evolution* (Avisé, J.C., Ayala, F.J. Ed) (pp. 267-286). The National Academies Press. Washington DC.
- Behfar, K., & Okhuysen, G. A. (2018). Perspective—Discovery within validation logic: Deliberately surfacing, complementing, and substituting abductive reasoning in hypothetic-deductive inquiry. *Organization Science*, 29(2), 323-340.
- Buis, A. (2019). A Degree of Concern: Why Global Temperatures Matter. *NASA’s Global Climate Change Website*, June, 19. Recuperado de <https://climate.nasa.gov/news/2878/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter/>
- Clerici, N., Armenteras, D., Kareiva, P., Botero, R., Ramírez-Delgado, J. P., Forero-Medina, G., ... & Gómez, C. (2020). Deforestation in Colombian protected areas increased during post-conflict periods. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10.
- Colciencias. (2017). *Proyecto oferta Colciencias: Formación de capital humano de alto nivel (Doctorado y/o Maestría investigativa) para la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación*. Recuperado de: https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/09-proyecto-oferta-colciencias-formacion-doctorados-y-maestrias_0.pdf.

- Copernicus Climate Change Service. (2019). *European State of the Climate. Full report: climate.copernicus.eu/ESOTC/2019*. Recuperado de: <https://climate.copernicus.eu/ESOTC/2019>
- Darwin, C.R. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (1st ed.). London: John Murray.
- Dobzhansky, T. (1973). The American Biology Teacher. *March*, 35, 125-129.
- Douven, I. (2017). Abduction. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2017 Edition)*. Edward N., Zalta (ed.).
- Elgin, M., & Sober, E. (2017). Popper's Shifting Appraisal of Evolutionary Theory. *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 7(1), 31-55.
- Fanelli, D. (2009). How many scientists fabricate and falsify research? A systematic review and meta-analysis of survey data. *PLoS one*, 4(5), e5738.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. (2019) The State of Food Security and Nutrition in the World 2019- Safeguarding against economic slowdowns and downturns'. Rome, FAO.
- Funtowicz, S. O., & Ravetz, J. R. (1994). Uncertainty, complexity and post-normal science. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 13(12), 1881-1885.
- Gobierno de Colombia. (2017). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*. Pacto por Colombia-pacto por la equidad. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Bases-del-Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>
- Gould, J. (2015). How to build a better PhD. *Nature News*, 528(7580), 22.
- Hands, J. (2016). *Cosmosapiens. Human Evolution from the Origin of the Universe*. Overlook Duckworth. New York.
- Hansson, S.O. (2017). Science denial as a form of pseudoscience. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 63:39-47.
- Hayes, B.K., Heit, E. (2018). Inductive reasoning 2.0. *Cogn. Sci.* 9: e1459.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEÍA. (2015). Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura para Colombia 2011-2100. *Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones—Estudio Técnico Completo: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*
- Jaramillo, H. (2009). La formación de posgrado en Colombia. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*. 5:131-155.
- Johansson, L. G. (2016a). The Evolution of Science. En *Philosophy of Science for Scientists* (pp. 3-17). Springer, Cham.
- Johansson, L. G. (2016b). Science and values. En *Philosophy of science for scientist* (pp. 217-226). Springer. Cham. Switzerland.
- Johansson, L. G. (2016c). Some Recent Trends in Science. En *Philosophy of Science for Scientists* (pp. 227-232). Springer, Cham.
- Jonassen, D.H. (1991). Objectivism versus Constructivism: Do We Need a New Philosophical Paradigm? *Educational Technology Research and Development* 39(3): 5-14.

- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*: University of Chicago Press. *Original edition*.
- Ley 1951 de 2019. Por la cual se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y se dictan otras disposiciones. Recuperado de: <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201951%20DEL%2024%20DE%20ENERO%20DE%202019.pdf>
- Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance*. Harvard University Press.
- Mayr, E. (1998). *This is Biology. The Science of the living world*. Belknap Press.
- Mayr, E. (2000). Darwin's influence on modern thought. *Scientific American* 283:79-83
- Mayr, E. (2004). *What makes biology unique?: considerations on the autonomy of a scientific discipline*. Cambridge University Press.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020). *Misión Internacional de Sabios-2019. Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Reflexiones y propuestas*. Volumen 1. Recuperado de: <https://mlr.vicepresidencia.gov.co/Paginas/prensa/2020/Libro-digital-de-la-Mision-Internacional-de-Sabios-disponible-para-todos.aspx>
- Ministerio de Educación Nacional. (1980). Decreto 80 del 22 de enero. Recuperado de: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-102556_archivo_pdf.pdf
- OECD, International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank. (2012). *Reviews of National Policies for Education: Tertiary Education in Colombia 2012*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264180697-en>
- OECD. (2019). *Education at a glance 2019: OECD Indicators*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/f8d7880d-en>
- Okpanachi, A.I. (2012). Science and the Postmodern challenge. *Studies in Sociology of Science* 3:67-74.
- Páez, E. (1985). ¿Se justifica el doctorado en Colombia? *Colombia: Ciencia y Tecnología* 5(2) 12-14.
- Popper, K. (1962). *Conjectures and refutations. The Growth of Scientific Knowledge*. Basic Books. New York.
- Popper, K. (1974). Intellectual Autobiography. En *The Philosophy of Karl Popper*, ed. Paul Arthur Schillp (pp: 3-181). La Salle, IL
- Popper, K. R. (1994). Knowledge and the mind-body problem. En *Defence of Interaction. MA Notturmo (ed.): London: Routledge and Kegan Paul*.
- Ravetz, I. R. (1999). What is post-normal science. *Futures-the Journal of Forecasting Planning and Policy*, 31(7), 647-654.
- Ravetz, J. (2019). Stop the science training that demands "don't ask". *Nature* 575: 417
- Reardon, S. (2018a). FARC and the forest: Peace is destroying Colombia's jungle--and opening it to science. *Nature*, 558(7709), 169-169.
- Reardon, S. (2018b). Tras la violencia. *Nature* 557:20-24.

- Salazar, H. J. (2009). La formación de posgrado en Colombia: maestrías y doctorados. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 5(13), 131-155.
- Soto Arango, D. (2009). Los doctorados en Colombia. Un camino hacia la transformación universitaria. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, (12).
- Stamos, D. N. (1996). Popper, falsifiability, and evolutionary biology. *Biology and Philosophy*, 11(2), 161-191.
- Stephan, P. E. (1996). The economics of science. *Journal of Economic literature*, 34(3), 1199-1235.
- Stewart, D. W. (2010). "Important, if True": Graduate Education will Drive America's Future Prosperity. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 42(1), 36-44.
- Tenenbaum, J. B., Griffiths, T. L., & Kemp, C. (2006). Theory-based Bayesian models of inductive learning and reasoning. *Trends in cognitive sciences*, 10(7), 309-318.
- Voit, E. O. (2019). Perspective: Dimensions of the scientific method. *PLoS Computational Biology*, 15(9), e1007279.
- Wight, A. J. (2019). Colombia creates its first science ministry. *Nature*, 565(7737), 273-275.
- World Health Organization. (2020). Who Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19-11 March. Recuperado de <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>

Anexos

Anexo 1. Fomento al talento científico (2016-2019)

Anexo 2. Sílabos asignaturas

Anexo 3. Tipología de créditos

Anexo 4. Reglamento del Doctorado en Ciencias Naturales