



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
INSTITUTO DE FÍSICA

Proyecto Educativo de Programa
Pregrado de Astronomía

Esteban Silva Villa
Pablo Cuartas Restrepo

Medellín, Septiembre 2016

1. Identificación del programa

- **Nombre del Programa**

Astronomía

- **Área de conocimiento.**

Ciencias exactas y naturales

- **Núcleo básico de conocimiento.**

Física

- **Título que otorga.**

Astrónomo(a)

- **Duración del programa.**

10 semestres

- **Número de créditos.**

154

- **Norma interna de creación.**

Acuerdo académico 327 del 19 de junio del 2008

- **Extensión de un programa acreditado.**

No

- **Nivel de formación (Técnico, tecnológico, profesional, especialización, maestría o doctorado).**

Profesional

- **Metodología (Presencial o a distancia –virtual/tradicional-).**

Presencial

- **Ciclos propedéuticos.**

Fundamentación, profesionalización y profundización

- **Periodicidad de la admisión.**

Semestral

- **Código SNIES.**

54182

2. Antecedentes históricos del programa y tradición

2.1 Historia del Programa

El pregrado de Astronomía de la Universidad de Antioquia es el producto final de un sueño de muchos académicos y entusiastas de la ciudad de Medellín, y de Colombia en general, que por muchos años trabajaron para hacer de la Astronomía una disciplina científica con una existencia independiente y productiva. El primer pregrado de Astronomía del país se hizo realidad gracias al esfuerzo de profesores de la Universidad, directivos y amigos que creyeron en la posibilidad que en Colombia, con sus 200 años de historia astronómica, y aún con sus inconvenientes condiciones climáticas, sus problemas sociales y económicos, pudiera ofrecer un programa de esta naturaleza.

A continuación se relacionan los hechos que dieron como resultado la apertura del programa de Astronomía en la Universidad de Antioquia.

Contexto

Esta historia se enmarca en el contexto general de la historia de la Astronomía en nuestro país. Varios autores, especialmente el Doctor Jorge Arias de Greiff y el Ingeniero Gonzalo Duque Escobar, han compilado excelentes recuentos de la historia de esta disciplina en Colombia. Estos son algunos apartes tomados del autor Gonzalo Duque Escobar “Guía astronómica. La historia de la Astronomía en Colombia: Perfil histórico¹”

“(…) En los años siguientes² asume Jorge Arias de Greiff quién trabaja el proyecto de un observatorio ubicado finalmente en la vecindad del Parque Natural de los Nevados, aprovechando los espacios académicos de la reforma Patiño (reforma amparada por el programa Alianza para el Progreso), que priorizaba la incorporación de las disciplinas en una educación superior antes centrada en las profesiones, como estrategia para abatir en el futuro el modelo de dependencia tecnológica. Dentro de esa política, desde 1979 hasta 1984 el plan quinquenal sigue en marcha y bajo el liderazgo de Jorge Arias de Greiff se hace la prospección de los sitios potencialmente aptos en Colombia para montar un observatorio astronómico de importancia. Finalizando el gobierno de Belisario Betancur el proyecto alcanzó a ingresar al COMPEX (...) el trueque cafetero sería la forma de pago para adquirir un telescopio en la República Democrática Alemana, equipado con un espejo de 100 cm de diámetro, tipo Ritchey-Chretien (...) El lugar para instalar el preciado equipo, estaría 10 km al Este del Nevado del Tolima y 1 km al Norte. Pero en 1986 durante el gobierno de Virgilio Barco, las prioridades internacionales en materia de políticas de desarrollo cambian de enfoque (...) posteriormente la crisis del café que afecta a la Federación Nacional de Cafeteros quién había colaborado ya en los Planetarios de Bogotá y Medellín, hacen que el proyecto por esa vía se detenga (...) la suerte para Colombia queda limitada a las posibilidades de Colciencias, y alineada a sus requerimientos el equipo de astrónomos del Observatorio Astronómico Nacional decide trabajar el desarrollo de sus programas de posgrado (...)”

¹<http://gonzadunque.es.tl/Guia-Astron%F3mica.htm>

² Se refiere a la Dirección del Observatorio Astronómico Nacional desde el año 1958.

No sería tampoco justo excluir de este recuento la historia del desarrollo de la Astronomía en la ciudad de Medellín y en Antioquia, en la que agrupaciones astronómicas como la Sociedad Julio Garavito, la Asociación Colombiana de Astrónomos Aficionados (ACAFA), los grupos universitarios Astronal de la Universidad Nacional sede Medellín, el Grupo para el Estudio de las Ciencias Espaciales (GECE) de la Universidad de Antioquia y QUASAR de la Universidad EAFIT, así como el Planetario de Medellín y sus más representativos directores Gabriel Jaime Gómez, Kevin Marshall y Antonio Bernal, jugaron un papel fundamental en la creación de las condiciones para el surgimiento del pregrado de Astronomía.

Debemos mencionar el desarrollo profesional previo dentro de la Universidad de Antioquia que en la disciplina se produjo en las dos o tres décadas previas al surgimiento del pregrado y en el que los nombres de Diógenes Gil, Alonso Sepúlveda, Herman Mosquera, Jorge Zuluaga, Juan Carlos Muñoz, Andrés Felipe Pérez, Ricardo Restrepo, Paula Ortiz y Esteban Silva Villa deberían ser resaltados, sin olvidar los de muchos estudiantes y entusiastas que pasaron por la Universidad de Antioquia tales como León Jaime Restrepo (uno de los primeros y más entusiastas aficionados de la Astronomía en la Universidad de Antioquia), entre otros, que sembraron la semilla académica para el surgimiento del programa.

Los inicios

Es difícil precisar una fecha exacta en la que la idea del Pregrado de Astronomía fue sembrada en la Universidad de Antioquia, sin embargo estaría a finales del año 2006. Sin embargo no hay duda de cuál fue el ambiente específico y las personas que lanzaron al aire esa primera semilla que dio inicio al esfuerzo que durante el primer semestre de 2008 condujo a la aprobación del programa, primero en la Universidad y después en el Ministerio de Educación.

Desde finales de 2002 se viene realizando sistemáticamente en la Universidad de Antioquia un completo programa de cursos divulgativos en Astronomía y Ciencias Espaciales (cursos de Extensión en Ciencias Espaciales) creados y orientados por el entonces estudiante de Doctorado en Física Jorge Iván Zuluaga, y realizados por un puñado de estudiantes de pregrado de física y entusiastas de toda la ciudad. Los cursos que han tenido una masiva participación desde su comienzo hasta la fecha fueron creados con el propósito de llenar un vacío manifiesto que existía en ese entonces en la formación académica básica en estas disciplinas. Hoy esos cursos se han convertido en lo que ahora es conocido como los semilleros de Astronomía y el diploma de Astronomía de la Universidad de Antioquia que se realizan semestralmente.

El Planetario de Medellín venía ofreciendo desde hacía un par de décadas cursos iniciales de Astronomía que permitían a estudiantes universitarios, profesionales y público en general recibir una primera introducción en la materia. Agrupaciones astronómicas de la ciudad realizan sus propias actividades de formación dirigidas a un público aún más específico.

Hacía falta sin embargo un programa de cursos que con una extensión e intensidad mayor (1 semestre, entre 2 y 4 horas semanales) que le permitiera a los aficionados de la ciudad y especialmente a estudiantes universitarios de distintas disciplinas profundizar en el conocimiento de la Astronomía y la Astrofísica. Naturalmente, cursos académicos en la disciplina se venían ya ofreciendo y se continúan ofreciendo en la Universidad de Antioquia y en otras instituciones de la ciudad (por ejemplo en la Universidad EAFIT y la Universidad Nacional), pero para acceder a ellos se necesitaba una vinculación oficial con una Universidad y en algunos casos cumplir incluso con requisitos académicos.

Entre los participantes de estos cursos se encontraba en el segundo semestre de 2004 el Médico Martiniano Jaimes Contreras, quien se convertiría en 2006 en el vicerrector general de la Universidad de Antioquia, bajo la rectoría del Médico Alberto Uribe Correa. Fue el propio Martiniano Jaimes quién, alrededor de noviembre de 2006, lanzó la idea de la creación de un programa de pregrado en Astrofísica (con formación académica básica), después de conocer de primera mano el esfuerzo que se venían realizando el Instituto de Física.

El primer equipo exploratorio fue creado en Febrero de 2007 integrado por Luz Angela Cubides, recién graduada del Instituto Tecnológico de la Florida con un título de *Major* en Ciencias Espaciales, Juan Carlos Muñoz Cuartas, entonces estudiante de Maestría del Instituto de Física y el profesor Jorge Zuluaga. Este equipo inicial sembró una pequeña semilla al estudiar de manera básica algunos referentes internacionales en la materia.

Lamentablemente, por falta de tiempo, los esfuerzos de este equipo no concluyeron en la formulación de una propuesta inicial y hubo que esperar hasta mediados del mismo 2007 para que, por sugerencia del Señor Vicerrector General, se procediera inmediatamente con un trámite administrativo más formal.

En Septiembre 6 de 2007 una solicitud para considerar el inicio de un proyecto para la formulación y estudio de factibilidad de un programa de pregrado en Astronomía y Astrofísica en el Instituto de Física, fue puesta a consideración del Consejo de Instituto por Jorge Zuluaga. En la extensa justificación presentada, se mencionaba entre otras cosas el desarrollo creciente de la disciplina en el Instituto y en particular la creación y desarrollo del Grupo de Física y Astrofísica Computacional (FACom), el primer grupo de investigación reconocido en la materia en la Universidad, y que fuera creado en 2005 después de la vinculación como profesor de tiempo completo del profesor Zuluaga.

Simultáneamente, se iniciaron gestiones con el Decanato de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales para la contratación de un profesional que pudiera apoyar el proceso de formulación del proyecto completo del pregrado. Después de considerar algunas alternativas, la hoja de vida seleccionada fue la del Magister en Astronomía Pablo Cuartas Restrepo, egresado de la Universidad de Antioquia y quien recientemente había obtenido el título de Maestría en Ciencias Naturales - Astronomía, en el Observatorio Astronómico Nacional. En ese entonces Cuartas se desempeñaba como director científico del Planetario de Bogotá.

Las gestiones para la contratación de Pablo Cuartas fueron exitosas y en Noviembre 13 de 2007 se realizó la primera reunión en Medellín entre los profesores Pablo Cuartas y Jorge Zuluaga encaminada a la formulación del proyecto del programa de pregrado. Una agenda de preparación del proyecto y de presentación ante las autoridades de la Universidad fue preparada en esas primeras reuniones.

La primera versión del proyecto fue redactada por el profesor Pablo Cuartas en Noviembre de 2007, la cual contenía los elementos globales de la propuesta. Entre esa primera propuesta y el mes de febrero de 2008, se realizaron múltiples cambios y la redacción de un documento más completo fue realizada finalizada por el profesor Jorge Zuluaga. Para el 6 de febrero de 2008 ya se tenía una primera versión completa del proyecto que empezó a depurarse para presentarla ante los organismos respectivos en la Universidad. Por esos mismos días se enviaron comunicaciones a Astrónomos del continente solicitando conceptos generales sobre la formulación del proyecto. En particular fueron contactados los Doctores Leonardo Bronfman, Alejandro Clocchiatti García, Pablo Miguel Cincotta, Daniel E. Barraco Díaz y Adela Beatriz Cattapan.

El 12 de marzo de 2008 se realizó la primera presentación oficial del proyecto ante el Consejo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. En el acta 2 del 12 de marzo de 2008 se sugirieron algunas correcciones por parte de los consejeros con el fin de preparar una segunda presentación ante el Consejo de Facultad.

Es interesante anotar que para ese entonces existían todavía dudas sobre el enfoque que se le daría al programa de pregrado e incluso el título mismo del programa. Se consideraban dos opciones: pregrado en Ciencias Espaciales y pregrado en Astronomía y Astrofísica.

La segunda presentación ante el Consejo de Facultad se realizó el día 14 de mayo de 2008. Para ese entonces ya se contaba con una versión mucho más completa del proyecto que había sido perfeccionada partiendo de las observaciones realizadas en la primera discusión y con otra información obtenida por discusiones con el comité de Transformación Curricular.

La primera presentación ante el Consejo Académico de la Universidad de Antioquia se realizó el día 21 de mayo de 2008. En el Consejo estaban presentes los señores Rector y Vicerrector de la Universidad de Antioquia (mencionados arriba en este documento) y la mayor parte de los Decanos de las Facultades. La presentación recibió muy buenas observaciones de parte de los miembros del Consejo.

Un detalle especial de esta fase de formulación del proyecto es que todavía no se había definido el nombre del programa. Las opciones se habían reducido a Pregrado de Astronomía y Pregrado de Astrofísica. En perfeccionamientos futuros del proyecto, la balanza se inclinaría hacia la primera opción por razones semánticas entre las palabras Astronomía y astrofísica (ver recuadro a continuación). A pesar de esto, la primera discusión ante el Consejo Académico se hizo sobre la creación del "Pregrado de Astrofísica".

¿Astronomía o Astrofísica?

La discusión sobre la denominación de esta disciplina tiene poco impacto para el desempeño para la formación y el desempeño profesional en sí mismo en el área. Sin embargo vale la pena dar claridad sobre las razones por las que se llamará de una u otra manera al saber específico de la disciplina en este programa. Muy pocos han considerado en profundidad las diferencias reales que podrían existir entre ambas pero en aras de la claridad, es necesario entender cómo en distintos contextos y posturas sobre el tema, la Astronomía y Astrofísica son consideradas aspectos distintos de una misma disciplina.

En una primera postura, la Astronomía es el nombre que históricamente se da a una disciplina científica que hoy llamamos Astrofísica. El uso de la palabra Astronomía en este contexto parece estar determinado por la tradición que en el área tenga una determinada institución universitaria o de investigación. Así mientras en la Universidad de la Laguna (España) se habla de “Departamento de Astrofísica”, “Licenciatura en Astrofísica”, “Maestría en Astrofísica”, en Universidades Mexicanas con tradiciones que se extienden hacia atrás en el tiempo hasta el siglo XIX se utilizan nombres como “Instituto de Astronomía”, “Énfasis en Astronomía Estelar”, etc.

En una segunda postura, la Astronomía está directamente relacionada con las actividades alrededor de la observación, del registro de los fenómenos astronómicos mientras que la Astrofísica aborda los problemas de la naturaleza de los cuerpos observados, de la descripción y modelado teórico de esos mismos cuerpos. En este contexto se entienden la razón de denominaciones aparentemente redundantes como “Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica” o aquella de una reconocida publicación Europea “Astronomy & Astrophysics”. Esta postura sin embargo parece contradecir el extendido uso del término “Astrofísica observacional”, muy en boga en nuestros tiempos y que se refiere a todas aquellas sub-disciplinas de la Astrofísica que se relacionan con la adquisición y reducción de datos.

Una tercera postura concibe la Astronomía como un cuerpo de conocimientos general que engloba naturalmente a la Astrofísica como una disciplina particular de acuerdo a su método de estudio, i.e. uso de las leyes de la Física y los modelos teóricos para describir su objeto de estudio. Desde esta postura la Astronomía aborda problemas generales como la reflexión sobre la naturaleza y organización del Universo, las formas más apropiadas para entender y transmitir las ideas sobre el Universo (educación), las implicaciones que sobre la concepción del mundo nos da el conocimiento del Universo, el devenir histórico de las ideas sobre el Universo entre otras y en particular uno muy específico, el relacionado con la observación tanto sencilla como rigurosa del cielo. De otro lado la Astrofísica se ocupa de una descripción pormenorizada y detallada de la Física de los objetos que lo constituyen, su composición, origen, formación y evolución. En esta postura, la Astrofísica es una especialización de la Astronomía y de la Física en tanto recurre a esta última para construir modelos precisos y elaborados de los cuerpos de los que trata la primera.

Siendo esta última postura la que se asume con mayor frecuencia en el mundo científico, nuestra posición alrededor de los términos Astronomía y Astrofísica será precisamente aquella. Esta decisión es la que determina la manera como se nombrará en lo sucesivo las componentes fundamentales de este programa.

El 30 de abril de 2008 se envió un mensaje a un grupo de profesionales en todo el país y el mundo para que revisaran la primera versión del pensum del programa. De esta comunicación se obtuvieron valiosas observaciones que fueron integradas a la propuesta final que se presentaría ante el Ministerio después de ser aprobada por el Consejo Académico.

Alrededor del 13 de mayo de 2008 se realizó nuevamente una consulta con profesionales

sobre el nombre del programa. Todos se inclinaban por Astronomía. El día 18 de junio de 2008 se realizó la discusión final del proyecto ante el Consejo Académico. En ella se abordaron los temas que quedaron abiertos en la primera discusión y se presentó la versión definitiva del proyecto con el nombre *Pregrado de Astronomía*. En esa última sesión del Consejo Académico, el proyecto fue finalmente aprobado y se dio visto bueno para continuar los trámites ante el Ministerio. La creación del pregrado de Astronomía quedó asentada por Acuerdo Académico 327 del 19 de Junio de 2008.

El Ministerio de Educación dio finalmente su aprobación el 20 de Noviembre de 2008 con la emisión de la Resolución 8371.

Las clases en el programa no dieron inicio sin embargo hasta pasado poco menos de un año desde la obtención del Registro Calificado, esto por motivos del Calendario Académico de la Universidad de Antioquia. Los primeros 43 estudiantes fueron admitidos para el semestre 2009-2, y la primera clase del pregrado tuvo lugar el día lunes 19 de Octubre de 2009, marcando la fecha que se considera oficialmente como el nacimiento del programa de Astronomía.

Desde su creación el pregrado ha estado en continuo crecimiento. En 2010 se creó la primera plaza para un profesor en el Instituto de Física con el perfil de Astrónomo Observacional. En esa ocasión se vinculó el Profesor Ignacio Ferrín. En 2012 se obtuvieron 3 plazas adicionales de Profesores de tiempo completo, las cuales son ocupadas en la actualidad por los profesores Juan Carlos Muñoz Cuartas, Pablo Cuartas Restrepo y Esteban Silva Villa.

El 21 Octubre de 2014 se graduó el primer egresado del Programa de Astronomía, Nicolás Gómez Giraldo. Actualmente se han graduado un total de 7 estudiantes.

2.2 Cambios en las estructuras curriculares y administrativas

En Julio de 2013, y después de un proceso de revisión y evaluación de varios años, el Programa de Astronomía presentó ante el Ministerio de Educación una modificación del Programa de Estudios. Esta modificación se produjo después de una juiciosa evaluación del desarrollo del programa y estuvo enmarcada en la Transformación Curricular de los programas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. El 18 de Noviembre de 2013 por Resolución 16414 del Ministerio de Educación el Registro Calificado del Programa fue modificado incluyendo como cambio más importante el paso de 8 a 10 semestres en la duración total.

El pregrado obtuvo la renovación del registro calificado por parte del Ministerio de Educación por un periodo de siete años bajo la resolución 11312 del 27 de julio de 2015.

2.3 Normas internas y externas que regulan la vida del programa

El pregrado de Astronomía se inscribe en un conjunto de referentes normativos que delimitan su concepción y construcción, y lo inscriben dentro de los programas y planes de la Universidad y el país en general. Los siguientes son los más importantes referentes normativos que fueron considerados para la creación del pregrado de Astronomía:

- Las disposiciones generales que sobre la educación superior en Colombia están consignadas en la Ley 30 de 1992.
- El decreto 2566 de 2003 del Ministerio de Educación Nacional, que reglamentan lo referente a los estándares de calidad de los programas académicos de la educación superior.
- La directiva ministerial número 19 del 24 de septiembre de 2004, que especifica la aplicación del artículo 4 del decreto 2566 relacionada con los aspectos curriculares del programa.
- La resolución 2769 del 13 de noviembre de 2003 que precisa los estándares establecidos de forma general en los decretos 2566, para el caso de los programas de Ciencias Exactas y Naturales.
- El formato de verificación de condiciones mínimas de calidad de programas académicos del Ministerio de Educación Nacional de Abril de 2004.
- La ley número 1188 del 25 de abril de 2008 que regula el proceso de registro calificado de los programas de educación superior y que debe servir también de referente para los nuevos programas de pregrado.
- El plan de desarrollo 2006-2016 de la Universidad de Antioquia.
- El documento rector de la Transformación Curricular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

3. Enfoque conceptual y contextual del programa

3.1 Concepciones teóricas que orientan el ejercicio de la profesión

La Astronomía explora el universo y las diferentes formas de la materia y la energía de las que se compone. Estudia su contenido, desde las partículas elementales, los átomos, pasando por las moléculas en el medio interestelar hasta los cúmulos de galaxias. Estudia su evolución desde el Big-Bang hasta la formación de nuestro sistema planetario y su posible destino.

La Astronomía es una ciencia fundamental motivada principalmente por la profunda curiosidad del hombre y su deseo por conocer más sobre la naturaleza y su lugar en el

cosmos. Ella juega un papel primordial en la estructuración de la visión científica que sobre el mundo construye cualquier ser humano.

Los resultados sobre los que se basa la Astronomía se derivan de la observación directa del Universo y se estructuran a través de teorías construidas racionalmente y confrontadas con la realidad. Para la ciencia moderna, la Astronomía representa una de las más cautivantes disciplinas científicas, en la que además se esconden algunos de los más grandes retos del conocimiento de la naturaleza.

Desde los tiempos de Newton a finales del s. XVII, el desarrollo de la Astronomía ha estado fuertemente vinculado con el de la Física. Con el descubrimiento de la Universalidad de la interacción gravitacional, Newton da un papel central a la Física en el entendimiento del funcionamiento del cosmos como un todo y brinda la posibilidad de profundizar en aspectos de la naturaleza del Universo que la observación del cielo no había podido ofrecer. En ese mismo momento nace la Astrofísica (como una forma moderna de la Astronomía), entendida como el estudio profundo de la naturaleza del universo, su composición y evolución, especialmente aplicando las leyes de la Física. La antigua Astronomía de la observación pura, o de las elucubraciones filosóficas, teóricas y Matemáticas que en principio solo buscan el ajuste de modelos con la realidad, le da paso a la nueva Astrofísica donde las explicaciones y las teorías se construyen desde el conocimiento fundamental que la Física tiene sobre el funcionamiento del mundo a su nivel más fundamental.

La formación de un científico integral no es concebible en el presente sin que reconozca su lugar en el Universo y entienda el origen de las cosas que lo componen. La Astronomía provee además una visión integradora del mundo, una visión en la que la vida en el planeta, el surgimiento y desarrollo de nuestra especie, es solo un suspiro en el devenir de un Universo muy longevo y enorme. Este es un conocimiento que promueve un profundo sentido de humildad frente al mundo, el que contrasta con la actitud tan humana de sentirnos el centro de la creación. La conciencia de que nuestro planeta es una mota de polvo en la inmensidad del océano cósmico nos devuelve además el reconocimiento del inmenso valor que tiene nuestro planeta en su (aparente) unicidad, al tener sobre su superficie materia viva y consciente. El reconocimiento de estos hechos, que solo se obtienen a partir del conocimiento y estudio de la Astronomía, con una mirada macroscópica del Universo, le confiere a esta ciencia un valor “ecológico” único. Igualmente la conexión poco evidente entre los fenómenos astrofísicos y por ejemplo el clima de nuestro planeta, hace de la Astronomía del siglo XXI una fuente muy especial de información sobre la historia, y tal vez el futuro del clima, el verdadero impacto y valor de los efectos que nuestra especie produce sobre él.

¿Cómo puede pensarse entonces una sociedad sin Astronomía? ¿Cómo puede la formación básica de nuestros niños y jóvenes carecer de los elementos fundamentales provistos por la Astronomía en la construcción de una conciencia como especie en conexión con el Universo? ¿Y la formación de nuestros profesionales? ¿Debe una sociedad priorizar

únicamente los procesos de producción de bienes para satisfacer las necesidades básicas sin considerar también las necesidades intangibles, el conocimiento de los más profundos secretos de la naturaleza, la solución a las preguntas fundamentales? La Astronomía puede no ser, de forma directa, una fuente de soluciones para problemas prácticos, los problemas que aquejan nuestro existir en la Tierra.

La existencia de un pregrado en Astronomía en Colombia es una prueba del compromiso del país en su desarrollo científico, aún en las formas más puras del conocimiento. No en vano puede decirse que cuando un país está preparado para incluir dentro de sus intereses los más puros de todos los intereses científicos, entonces es porque está preparado para el futuro.

El pregrado de Astronomía de la Universidad de Antioquia, desde su concepción y sus propósitos, ha buscado convertirse en un espacio académico. Esto es importante para la formación de profesionales idóneos y capaces de adelantar actividades de investigación en su disciplina, y a su vez capaces de liderar y realizar transformaciones sociales que permitan integrar el conocimiento del Universo en la formación básica. Además, estos profesionales deben ser capaces de divulgar adecuadamente los conocimientos de frontera que son adquiridos por instituciones académicas a nivel internacional, orientar y liderar proyectos de desarrollo tecnológico que requieran conocimientos propios de su disciplina (e.g. tecnología aeroespacial), orientar y dirigir iniciativas e instituciones con misiones educativas y de investigación en el país y la región.

Principios y propósitos de la formación

El currículo del pregrado de Astronomía sigue los lineamientos curriculares que ha trazado la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales a través de su proceso de transformación curricular. La estructura curricular posee dos componentes básicas: La primera, y la más importante, es la sociedad a la que se consulta de manera permanente sobre sus inquietudes y expectativas frente al nuevo programa; la segunda componente está relacionada con los principios básicos de esta construcción que se pueden dividir en principios curriculares, didácticos y pedagógicos. Lo curricular está soportado en aspectos como la flexibilidad, la integración de la teoría y la práctica, y la transversalidad. Lo didáctico está signado por la formación en investigación de nuestros estudiantes manteniendo la libertad de cátedra como motor fundamental de innovación. Lo pedagógico contiene el foco del proceso de nuestro currículo, esto es, la solución de problemas y el estudio de fenómenos astronómicos.

Es alrededor de la investigación como se establece la formación integral del astrónomo; la integración de la teoría y práctica son fundamentales en este proceso. La formación integral se rodea de los conocimientos que incorporan valores y competencias que se ven reflejados en el plan de formación.

El Proyecto Educativo de Programa (PEP), donde se registra jerárquicamente los elementos que conforman la nueva visión curricular, se compone de un objeto de estudio que obedece a

una fundamentación y un contexto que mira el presente y futuro de una profesión que a pesar de ser el estudio más antiguo del Universo, en nuestro país apenas inicia su proceso de formalización profesional. Esta mirada permite plantear problemas que generan propósitos de formación y ayudan a seleccionar diferentes campos del conocimiento científico.

3.2 Pertinencia social y científica

El nivel de atracción que la Astronomía ejerce en la mayoría de los seres humanos es indiscutible y difícilmente igualable por otras áreas básicas. En los últimos años hemos sido testigos de un renacimiento en el interés por los temas científicos, en especial por aquellas inquietudes básicas de nuestra civilización acerca de nuestro origen y destino, inquietudes para las cuales la Astronomía es fuente de algunas de las más importantes respuestas.

En el terreno profesional hay grandes retos y necesidades. A continuación consideramos algunas de las poderosas razones para la existencia de un pregrado en Astronomía:

- Existe un interés reconocido en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de establecer nuevos programas de pregrado, expresado a través de los diversos planes de desarrollo de la Facultad en las últimas administraciones. Estos nuevos programas de pregrado entrarían a complementar y fortalecer los programas existentes. El pregrado de Astronomía completa el abanico de ciencias básicas ofrecido por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, lo que la equipara con las más grandes facultades de ciencias del mundo que ofrecen programas en todas las áreas del conocimiento básico: Matemáticas, Física, Química, Biología y Astronomía.
- El programa de Astronomía de la Universidad de Antioquia, único en nuestro país, le ha dado un impulso fundamental a la investigación y a la educación en ciencias espaciales en Colombia. Nuestro país ha iniciado el proceso de inserción en el uso de ciencia y tecnología aeroespacial, un proceso que se concretó a nivel gubernamental con la creación de la Comisión Colombiana del Espacio en 2007. La necesidad de profesionales calificados para desarrollar, orientar y participar del crecimiento científico y técnico de nuestro país en este tema es imperiosa y del mayor interés para el Gobierno Nacional.
- El programa de Física de la Universidad de Antioquia es reconocido a nivel nacional e internacional por su tradición, producción científica y técnica, y por la calidad de sus profesionales, estudiantes, egresados y profesores. El Instituto no solo se ha fortalecido con la creación del programa de Astronomía, además ha ampliado el espectro de oportunidades de formación en ciencias físicas. El renombre del Instituto dentro la comunidad nacional e internacional son garantía de la calidad académica del programa de Astronomía. En particular, el establecimiento del pregrado en el Instituto

ha permitido la vinculación y formación de nuevos docentes con nivel de doctorado y con capacidad para realizar actividades de investigación que benefician los programas de desarrollo del Instituto y la Facultad.

- Siendo el único programa de pregrado de Astronomía en el país y en países vecinos, el programa atrae la atención de estudiantes y aspirantes de otras regiones e incluso de otros países de Latinoamérica. Muchos de los actuales estudiantes del pregrado provienen de la provincia, la costa atlántica, el eje cafetero, Nariño, Bogotá, los Santanderes, entre otras regiones del país. Esto le ha permitido al programa establecer acuerdos de cooperación internacional en el tema de intercambios estudiantiles entre otros.
- Los observatorios astronómicos profesionales en tierra y en el espacio vienen recogiendo, algunos desde hace décadas, información sobre el Universo en distintas longitudes de onda. Una inmensa fracción de los datos producidos por estas facilidades observacionales están actualmente disponibles para ser analizados, la mayoría en sistemas públicos y de acceso a través de la red. A nivel mundial la búsqueda por profesionales capacitados para aprovechar esa inmensa cantidad de información es generalizada tal y como lo muestran los estudios hechos por la International Virtual Observatory Alliance (IVOA).
- Es un hecho reconocido que una fracción importante de los estudiantes que ingresan nuevos al programa de Física vienen con inquietudes específicas en Astronomía, Astrofísica y áreas afines. Algunos sienten una atracción natural por el área, como la sienten también personas de muy diversas disciplinas, pero otros señalan a la Astronomía como la razón central de su elección por la carrera de Física. El programa de Astronomía le ha permitido a la Universidad contar con una oferta que satisface este interés generalizado entre los estudiantes nuevos. Además atrae muchos más aspirantes al Instituto de Física, a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y a la Universidad en general.
- Programas de posgrado existentes, y por surgir en universidades del país y en países vecinos, permitirán dar continuidad a los estudios de los profesionales formados en el pregrado. La existencia y desarrollo de esos mismos programas promoverá el acceso al programa de pregrado como escalón inicial básico para acceder de forma directa a esos posgrados.

3.3 Tendencias en el desarrollo de la disciplina

Dentro del área de la Astronomía y la Astrofísica, los avances en diferentes técnicas, bien teóricas o en áreas experimentales son desarrolladas constantemente. Por esto, el pregrado de Astronomía dedica una gran cantidad de sus cursos para que los estudiantes estén al

tanto de los desarrollos que se dan en el ámbito nacional e internacional. El programa ofrece a los estudiantes cursos de instrumentación donde se tiene como objetivo que el estudiante desarrolle las habilidades necesarias para la construcción de instrumentos de medida, el análisis de los datos obtenidos, y aplique dentro de este contexto sus conocimientos teóricos.

Además de los cursos teórico-prácticos, semanalmente en el Instituto de Física se desarrollan actividades de divulgación (e.g. seminarios y journal clubs), donde se le presenta a los estudiantes los últimos resultados en diferentes áreas de la Astronomía y la Astrofísica. De esta manera, los estudiantes tienen conocimiento de los últimos avances que se están dando a nivel nacional e internacional, y comienzan a conocer de primera mano muchas veces, los trabajos de sus propios compañeros.

Para ofrecerle a los estudiantes alternativas que no son de fácil acceso (por ejemplo, no son el área principal de investigación de profesores del Instituto), se comenzó un convenio con la Universidad de Leiden (Holanda). Este convenio entre ambas universidades le brinda la oportunidad a los estudiantes de tener anualmente dos profesores invitados de la Universidad de Leiden, quienes dictan cursos específicos durante dos semanas.

Este conjunto de actividades prepara a los estudiantes para las demandas que se encontrarán en el quehacer de su medio laboral.

3.4 Comparativo con programas afines a nivel nacional e internacional

El pregrado de Astronomía de la Universidad de Antioquia es único en el país, y por tanto realizar una comparación con programas afines no es necesario. En el recuadro que se presenta a continuación se hace un resumen de los países donde se ofrecen programas a nivel de pregrado en Astronomía.

País	Universidad	Programa	Facultad/Instituto	Duración	Título
Chile	De Chile	Licenciatura en ciencias, mención en Astronomía	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas	4 años	Licenciado(a) en Ciencias, mención Astronomía
	De Concepción	Astronomía	Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas	4 años (Licenciatura), 5.5 años (Título Profesional)	Licenciado(a) en Astronomía, Astrónomo(a)
	Pontificia Católica	Licenciatura en Astronomía	Instituto de Astronomía	4 años	Licenciado(a) en Astronomía

	De Valparaiso	Licenciatura en Física, mención en Astronomía	Instituto de Física y Astronomía	4 años	Licenciado(a) en Física, mención Astronomía
	Católica del Norte	Licenciatura en Física, mención en Astronomía	Instituto de Astronomía	4.5 años	Licenciado(a) en Física, mención Astronomía
	De la Serena	Licenciatura en Astronomía	Facultad de Ciencias	4 años	Licenciado(a) en Astronomía
	Andres Bello	Licenciatura en Astronomía	Facultad de Ciencias Exactas	4 años	Licenciado(a) en Astronomía
Argentina	Nacional de la Plata	Licenciatura en Astronomía	Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas	5 años	Licenciado(a) en Astronomía
	Nacional de Cordoba	Licenciatura en Astronomía	Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física	5 años	Licenciado(a) en Astronomía
	Nacional de San Juan	Licenciatura en Astronomía	Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales	5 años	Licenciado(a) en Astronomía
Brasil	De Sao Paulo	Bacharelado em Astronomia	Instituto de Astronomia, Geofísica y Ciencias Atmosféricas	4 años	Astrónomo(a)
	Federal de Rio de Janeiro	Bacharelado em Astronomia		4 años	Astrónomo

No se incluye en este informe los pensum de cada uno de los programas que se presentan en la tabla anterior, pero se aclara que fueron todos consultados en las páginas de internet de cada institución.

Los pensum de estos programas son muy similares en contenidos al programa de la UdeA, sin embargo, se observan algunas diferencias, especialmente en la intensidad horaria y en la duración de algunos de los pregrados que se consultaron que como puede verse en la tabla, duran un año menos.

3.5 Rasgos distintivos de programa

Dado que el programa de Astronomía es el primero en el país, las características y/o factores que lo diferencia de otras carreras son su énfasis en las diferentes áreas relacionadas con la Astronomía y la Astrofísica. Carreras afines, tales como la Física, que se pueden cursar como carrera profesional en otras universidades del país, no contienen cursos específicos en ésta(s) área(s).

3.6 Perfiles

3.6.1. Perfil del estudiante

Perfil general:

La Universidad de Antioquia aspira a formar Astrónomos que:

- Entiendan cabalmente el lugar espacial y temporal que ocupa la humanidad y nuestro planeta en el Universo.
- Sean capaces de modificar su entorno académico, educativo y científico con propuestas originales, novedosas y pertinentes en el respectivo contexto.
- Puedan acceder de forma competitiva a programas de formación a nivel de posgrado (maestría y doctorado) dentro y fuera del país.
- Lideren procesos académicos y científicos en Colombia que propendan por el desarrollo estratégico de la Astronomía y las Ciencias espaciales en el país.
- Desarrollen sus actividades con el más alto sentido ecológico del que lo dotan sus profundos conocimientos del Universo y el lugar y papel de nuestro planeta en ese contexto.
- Tengan un alto compromiso ético en todas las actividades que realicen.

Perfil específico:

Al concluir el programa de Pregrado de Astronomía, el egresado estará en capacidad de:

- Explicar, describir, analizar, simular, usando los principios y leyes de la Física diversos fenómenos y sistemas astronómicos.
- Utilizar o elaborar programas y sistemas de computación para el procesamiento de información, cálculo numérico, simulación de procesos en sistemas astronómicos.
- Verificar y evaluar el ajuste de modelos teóricos elaborados para describir sistemas astrofísicos y explicar fenómenos astronómicos.
- Demostrar una comprensión completa de la organización jerárquica del Universo y la

relación entre sus partes.

- Entender profundamente el origen y evolución de diversos sistemas astrofísicos.
- Participar en programas de asesoría, acompañamiento o elaboración de propuestas en Ciencia y Tecnología que requieran sus conocimientos específicos y que tengan un impacto social, económico o estratégico para el país.
- Cultivar hábitos de trabajo necesarios para el desarrollo de la profesión tales como el trabajo en equipo, el rigor científico en todos los ámbitos del desarrollo de los proyectos, el auto-aprendizaje y la persistencia.
- Reconocer y utilizar fuentes de información y datos disponibles mundialmente con lo que se puedan llevar a cabo trabajos de investigación científica en su disciplina.
- Comunicar conceptos y resultados científicos tanto en lenguaje oral como escrito, ante pares académicos y en contextos de enseñanza y divulgación.
- Conocer el desarrollo histórico de la Astronomía y Ciencias afines y aplicar ese conocimiento para estructurar adecuadamente discursos académicos, didácticos y de difusión.
- Estar en capacidad de elaborar proyectos educativos en la disciplina, que involucren el uso de conocimientos y prácticas propias de la Astronomía.
- Ser capaz y competente para elaborar proyectos de acceso a tiempo de observatorios astronómicos profesionales a nivel internacional.

El egresado de Astronomía de la Universidad de Antioquia se puede desempeñar además, según su perfil, dentro y fuera de nuestro país en los siguientes campos:

- Investigador científico residente en universidades, institutos, centros de investigación y observatorios astronómicos.
- Docente universitario en Astronomía, Matemáticas y Física.
- Docente de la escuela básica (básica primaria, básica secundaria y media vocacional) en el área de Astronomía, ciencia y tecnología espacial.
- Cargos directivos, asesoría científica y desarrollo en Planetarios, Museos de Ciencia y Tecnología, centros de ciencia y tecnología, entre otras instituciones.
- Asesor en temas astronómicos y en ciencias espaciales en comités estatales, ministerios (Ministerio de Educación, Ministerio de Cultura, Ministerio de Comunicaciones) y direcciones (Colciencias).
- Proyectos de desarrollo en tecnología espacial, observación de la Tierra, satélites y sondas para la recolección de información de manera remota.
- Asesor, escritor, editor científico en temas astronómicos y espaciales en medios de

comunicación de diverso tipo.

- Profesional en empresas del sector tecnológico en óptica, desarrollo de software, electrónica (para satélites y sistemas de instrumentación científica).

3.6.2. Perfil de los docentes

En la actualidad, el pregrado de Astronomía cuenta con los profesores del Instituto de Física, del cual hace parte el programa. Esto quiere decir que todos los profesores del Instituto de Física están en capacidad de ofrecer cursos en el programa. Por otro lado, se han realizado contrataciones de profesores especializados en áreas directamente relacionadas con la Astronomía. Para esto se crearon 4 plazas de profesores de tiempo completo que han sido ocupadas por profesionales con doctorados en el área de Astronomía y/o Astrofísica (Ver sección **2.1**). Estas nuevas contrataciones han fortalecido las áreas de investigación en Astrofísica Computacional, Astrofísica Observacional, Astrofísica Exoplanetaria y Cosmología.

Los profesores del Instituto de Física, que están directamente trabajando con Astronomía y/o Astrofísica, están actualmente asociados con alguno de los 3 grupos de investigación en el área. Dichos grupos son: Grupo de Física y Astrofísica Computacional (FACom), Solar Earth and Planetary Sciences (SEAP) y el Grupo de Fenomenología de Interacciones Fundamentales (GFIF). Todos los grupos tienen líneas de investigación e iniciativas específicas en la disciplina, y soportarían las actividades de investigación.

Todos los profesores del pregrado de Astronomía publican regularmente en las más prestigiosas revistas de Astronomía y Astrofísica del mundo entre ellas:

- Astrophysical Journal
- Astrophysical Journal Letters
- Monthly Notices of the Royal Astronomical Society
- Astronomy & Astrophysics

Los perfiles de los profesores están ligados directamente con la docencia y la investigación que se realiza en cada una de sus áreas de experiencia. Sin embargo, todos los profesores dedican parte de su tiempo para realizar actividades de divulgación, convirtiéndolos en un conjunto de profesores comprometidos con los tres pilares fundamentales de la Universidad de Antioquia (Docencia, Investigación y divulgación).

Con el fin de contar con la participación de expertos en las disciplinas específicas de la carrera se ha dispuesto de 3 plazas para profesores visitantes internacionales que ya han sido ocupadas en dos ocasiones y 1 para visitantes nacionales. Los contratos para estos profesores se realizarían una vez por año para impartir una asignatura específica a las

distintas cohortes del programa. Este tipo de vinculaciones además promovería el establecimiento de relaciones académicas y de investigación con instituciones del orden nacional e internacional.

Adicionalmente el programa contrata profesores de cátedra para apoyar los cursos específicos de Astronomía de los niveles de fundamentación como son los cursos de fundamentación en ciencias y en computación dictados por estudiantes de posgrado en formación.

Finalmente, se cuenta en la universidad con la tecnología y la infraestructura para establecer contactos a través de la red y permitir la formación de nuestros estudiantes por medio de videoconferencias con especialistas en diferentes instituciones y países del mundo. En este caso es posible que a través de convenios de cooperación, proyectos conjuntos o simplemente acuerdos académicos de palabra puedan prepararse todas las condiciones necesarias para la realización de sesiones de clase, cursos o simplemente seminarios por estos nuevos medios y con la participación de investigadores extranjeros en las instituciones con las que guarda relación el programa.

3.7. Coherencia del programa con los principios institucionales

El pregrado de Astronomía se inscribe en el Plan de Desarrollo de la Universidad de Antioquia 2006-2016. En particular, resaltamos los siguientes apartes del mencionado plan que se relacionan directamente con la formulación del programa:

- **Tema Estratégico 2, pag. 80 y objetivo Estratégico 1, meta 5.** *“la Universidad deberá crear nuevas ofertas académicas en pregrado que atiendan las necesidades y potencialidades regionales nacionales”* concretado en este caso al *“Desarrollar nuevos programas de pregrado”* (tema estratégico 2, objetivo Estratégico 1, meta 5).
- **Tema Estratégico 1, pag. 74.** El programa de pregrado en Astronomía de la Universidad de Antioquia sería el primero de su tipo en el país y uno de los pocos programas de este nivel que existen en Latinoamérica lo que la pondría en la posición de *“crear las condiciones para que la Universidad se convierta en un polo de atracción de investigadores y estudiantes nacionales y extranjeros”*.

4. Componentes pedagógicos y curriculares

4.1. Componentes pedagógicos

4.1.1. Concepción de enseñanza - aprendizaje: fundamentación pedagógica

Como parte de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, el programa Astronomía acepta y acoge las directrices que se establecieron en el Documento Rector para la Transformación Curricular en su más reciente versión. Éste documento establece:

“... un modelo integrado³ que tenga en cuenta las ventajas de los otros modelos y cuyos destinatarios son, en primer lugar, el estudiante como persona, como ciudadano, como ser político y como ser social y en segundo lugar, considera el docente como mediador del proceso de comprensión e interacción con el conocimiento y con la solución de problemas por parte del estudiante...”

Por tanto, dentro del pregrado de Astronomía se ha adoptado la metodología de enseñanza para la comprensión (Teaching for Understanding), en concordancia con el modelo pedagógico a seguir en los programas de la Facultad. Este es un modelo desarrollado por pedagogos de la universidad de Harvard que ha venido siendo aplicado en educación básica y secundaria en los Estados Unidos desde hace varios años y cuya implementación en la educación superior es una nueva visión de lo que debe ser la enseñanza de las ciencias para profesionales.

Una descripción más detallada sobre las metodologías y el proceso de enseñanza para la comprensión puede encontrarse en:

- <http://www.pz.harvard.edu/projects/teaching-for-understanding>
- <https://www.gse.harvard.edu/news/uk/08/05/what-teaching-understanding>

El modelo de enseñanza para la comprensión está fundamentado en la planeación de los cursos con base a preguntas como:

- ¿Qué debemos enseñar?
- ¿Qué vale la pena comprender?
- ¿Cómo debemos enseñar para comprender?
- ¿Cómo pueden saber estudiantes y maestros lo que comprenden los estudiantes y cómo pueden desarrollar una comprensión más profunda?

Con este fin, los profesores de la Facultad vienen siendo formados por pedagogos en el diseño y la aplicación de los planes de asignatura y proyectos de curso.

4.1.2. Modalidades y métodos docentes. Didácticas

El Pregrado en Astronomía es un programa presencial. El currículo de Astronomía está diseñado para brindar al estudiante todas las herramientas básicas para su buen desempeño en las áreas de investigación, experimentación y educación afines a su especialidad.

Los contenidos de cada asignatura pretenden formar un profesional integral con conocimientos en cada área de estudio de la Astronomía, soportados académica y bibliográficamente y cada uno documentado con suficiencia.

³ Se hace referencia al modelo de “Enseñanza para la comprensión”.

Los cursos tienen en cuenta el sistema de pre y correquisitos para su desarrollo y el avance de los estudiantes en el programa.

El modelo pedagógico de Enseñanza para la Comprensión involucra diferentes estilos de academia, entre ellos las tradicionales clases magistrales, el formato de seminario alemán, las prácticas de laboratorio y de observatorio, así como el desarrollo por parte de los estudiantes de proyectos de investigación, formulación de ensayos, monografías e informes científicos. Tendrán los estudiantes la posibilidad de prepararse para la redacción y publicación de trabajos científicos, educativos y de divulgación.

Es fundamental el uso de herramientas tecnológicas tales como los servidores y clusters computacionales para la realización de simulaciones y otros procesos de adquisición, obtención y análisis de datos observacionales. La simulación y uso de equipos astronómicos especializados como telescopios profesionales, cámaras electrónicas y espectrómetros será también fundamental para la formación del profesional en Astronomía en la Universidad de Antioquia.

Es necesario el manejo de una segunda lengua, en este caso el inglés, al nivel de habilidades específicas en lectura, escritura y conversación en esa lengua. Desde las primeras etapas de formación se sugiere la redacción de trabajos escritos, reportes, tareas y proyectos en esta lengua, como una preparación para el trabajo profesional.

La mayoría de los cursos del programa incluyen una importante componente de trabajo conjunto del estudiante con el docente y de trabajo independiente. Así por ejemplo, los cursos básicos de la carrera que son de 5 créditos son cursos que requieren una dedicación presencial de hasta 6 horas, que no implican necesariamente un trabajo de atención a clases magistrales en esa cuantía. Un curso con una dedicación presencial semanal como esta implica un trabajo de 3 horas usando metodologías de exposición magistral convencional, 2 horas de solución conjunta de situaciones problema (taller) o montaje y realización de experiencias en el laboratorio o en sala de cómputo y 1 hora de discusiones, presentación de exposiciones etc.

4.1.3. Evaluación de los aprendizajes: objeto de la evaluación, métodos de evaluación con sus rasgos y características, coherencia de los métodos empleados con los propósitos de formación y con las modalidades y métodos docentes.

El pregrado de Astronomía cuenta en la actualidad con una amplia variedad de métodos para la evaluación de los aprendizajes. La tabla siguiente resume los diferentes tipos de actividades y el objetivo de su evaluación:

Tipo de evaluación	Objetivo de la evaluación
Evaluaciones Parciales	Este tipo de evaluación tiene como objetivo evaluar los conocimientos necesarios para la

	preparación de profesionales en el área de Astronomía y Física.
Quices	Este tipo de evaluación intenta hacer un seguimiento de las actividades de comprensión de los temas, las fortalezas y las falencias que los estudiantes encuentran durante su preparación.
Exposiciones Orales	Con miras a preparar profesionales capaces de realizar divulgación de conocimientos científicos, la preparación de este tipo de evaluaciones los enfrenta a sus pares.
Construcción de instrumentos de medida	La construcción de instrumentos tiene como objetivo evaluar la comprensión por parte de los estudiantes de a) los conocimientos teóricos adquiridos y b) la implementación de estos.
Elaboración de reportes escritos	Los informes escritos tienen como objetivo cuantificar la capacidad de los estudiantes para transmitir ideas.
Elaboración de propuestas para solicitud de tiempo de telescopio	La formación de un astrónomo debe medir su capacidad para pedir tiempos de telescopio, la cual es una práctica cotidiana en el quehacer de la profesión.
Desarrollo de sets de problemas	Los estudiantes deben resolver sets de problemas de aplicación en todas las materias de las áreas de Astronomía. La solución de dichos problemas está acompañada por un profesor auxiliar de los cursos.

Además de la implementación de los tipos de evaluación mencionados en el recuadro anterior, el pregrado de Astronomía incentiva la participación de los estudiantes en las actividades que se realizan fuera del aula de clase. Estas actividades son: Seminarios, conferencias de divulgación y Journal clubs. Estas actividades involucran la participación de los estudiantes que se encuentren en cualquier nivel de el programa, y tiene como fin acercar al estudiantes a los diferentes temas que se están trabajando en el área de Astronomía y Astrofísica a nivel nacional e internacional. Estas actividades tienen una periodicidad quincenal y es participación voluntaria.

Estos métodos de evaluación están enmarcados dentro de las directrices de la Facultad, donde se tiene en cuenta los diferentes aspectos que involucran la formación de personas desde el punto de vista persona, profesional y social.

4.2 Componentes Curriculares

4.2.1. Organización de los contenidos curriculares

Para definir lógicamente y conceptualmente la Astronomía hay que profundizar directamente en el tipo de preguntas que ella resuelve: ¿cuál es nuestro lugar en el Universo? ¿De dónde salió todo lo que vemos en él? ¿Cuál será su futuro? Estas cuestiones fundamentales nos permiten decir que los siguientes conceptos fundamentales están en el corazón mismo de la investigación astronómica: el concepto de lugar y los conceptos de origen y evolución. Ninguna de las ciencias responde de manera más fundamental a estas cuestiones como lo hace la Astronomía. Además de esos conceptos centrales y comunes a todas las áreas específicas de la Astronomía y la Astrofísica podemos decir también que un conjunto de conceptos e ideas fundamentales son compartidos verticalmente por todas las áreas de esta Ciencia. Estos conceptos transversales se ilustran en la figura 1 y constituyen los ejes “verticales” de referencia que comparten las asignaturas básicas de formación en la carrera.

Adicionalmente los contenidos de la Astronomía se estructuran en un conjunto pequeño de áreas disciplinares. Cualquier trabajo se incluye en alguna de esas áreas y ellas precisamente permiten definir lo que se entiende debe ser la formación fundamental del Astrónomo. En la figura 2 se presentan en un gráfico las áreas disciplinares de la Astronomía. Puede verse que todas ellas se soportan sobre un sustrato fundamental: los principios y leyes de la Física clásica y moderna.

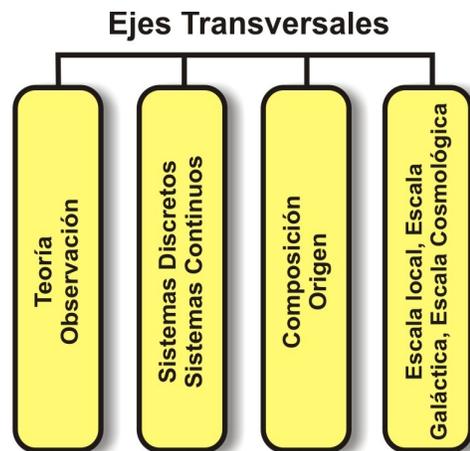


Figura 1. Ejes transversales de la disciplina que definen el macrocurrículo del Pregrado en Astronomía.

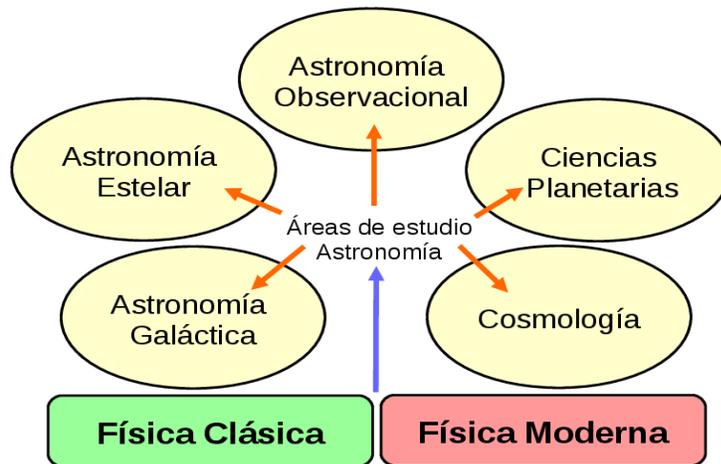


Figura 2. Áreas disciplinares de la Astronomía

Las nuevas directivas de transformación curricular describen el proceso de formación en el pregrado a través de 3 niveles de formación: fundamentación, profesionalización y profundización.

En detalle, los ciclos de formación considerados en la carrera son:

Nivel de Fundamentación: Este nivel busca, tal y como lo dicta la propuesta de documento rector de la Facultad, que el estudiante que ingresa al programa se forme en la cultura académica de la universidad a través del acercamiento a las diferentes áreas del conocimiento científico. Específicamente en Astronomía, el ciclo está constituido por cuatro semestres presenciales y con una intensidad de tiempo completo. El ciclo está caracterizado por materias de interés general y fundamentación Matemática, Física y Astronomía conceptual. Todos los estudiantes deben cursar este ciclo asistiendo a las mismas asignaturas.

Nivel de profesionalización: Este ciclo se extiende hasta el sexto semestre, es de carácter presencial y de tiempo completo. Durante este ciclo se cursan asignaturas específicas y de profundización en Matemáticas, Física y Astronomía. Este ciclo está orientado a introducir al estudiante en el uso de herramientas teóricas para su futuro trabajo profesional.

Nivel de profundización: Este ciclo se extiende hasta la finalización del programa, de carácter presencial y de tiempo completo. Incluye materias de profundización en temas de interés particular y de acuerdo con las áreas de profundización de la Astronomía.

Durante el ciclo de profundización el estudiante tendrá la oportunidad de elegir materias electivas de acuerdo con sus proyectos particulares. El pregrado de Astronomía cuenta con las siguientes opciones de profundización:

1. **Astrofísica teórica:** Énfasis hacia el desarrollo de modelos teóricos sobre la

composición, funcionamiento y evolución de distintos sistemas astronómicos. Esta profundización incluye investigaciones en Astrofísica Estelar, Astrofísica planetaria, Medio Interestelar, Galaxias y Cosmología.

2. **Astronomía observacional e instrumental:** Relacionada con el desarrollo de competencias para el trabajo con datos observacionales, su adquisición y análisis, trabajo en observatorios astronómicos y proyectos de observación. Adicionalmente la profundización en esta área puede incluir el desarrollo de habilidades y competencias específicas para el diseño y construcción de instrumentos astronómicos (instrumentación astronómica).
3. **Astrofísica Numérica:** Éste énfasis busca desarrollar competencias en el diseño, desarrollo, implementación y/o uso de software especializado para la solución de modelos computacionales de fenómenos astrofísicos. Está estrechamente relacionada con la Astrofísica Teórica, aunque utiliza métodos muy específicos para la ejecución de sus investigaciones.
4. **Educación en Ciencias Espaciales:** Énfasis orientado a la formación de profesionales en Astronomía con competencias para la didáctica y enseñanza de las ciencias en particular de la Astronomía y otras ciencias espaciales.

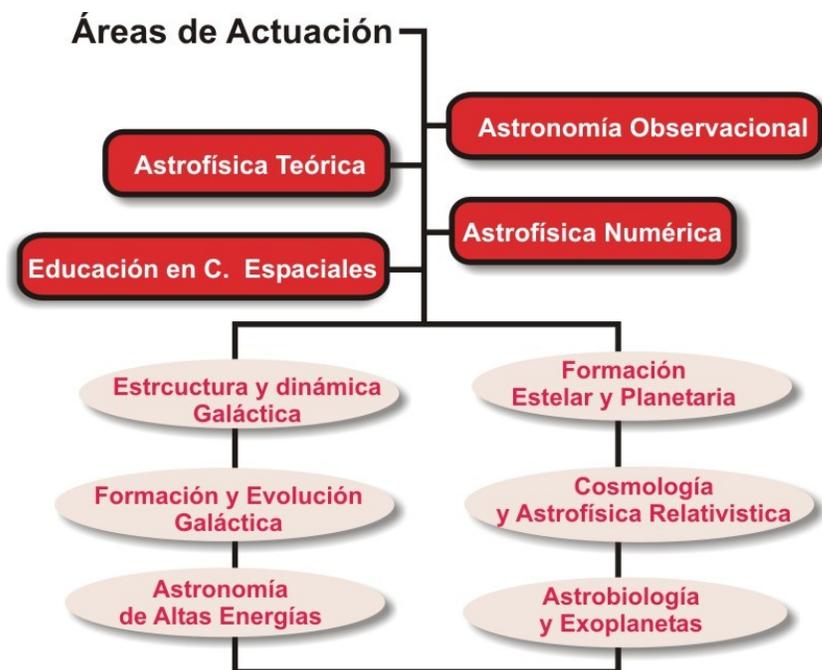


Figura 3. Áreas de actuación del estudiante en el pregrado de Astrofísica. Las áreas específicas definidas abajo y que definirán las asignaturas y temas de profundización se articulan alrededor de las líneas de énfasis de la carrera.

LÍNEAS DE PROFUNDIZACIÓN:

Áreas de Actuación	Electiva 1	Electiva 2
<i>Educación en Ciencias Espaciales</i>	Historia y epistemología de las ciencias (Electiva en Educación) (Electiva en Ingeniería)	Pedagogía y Didáctica de las Ciencias (Electiva en Educación) (Electiva en Ingeniería)
<i>Estructura y Dinámica de Galaxias</i>	Estructura y Dinámica Galáctica Métodos II	Formación y Evolución Galáctica
<i>Astrobiología y Exoplanetas</i>	Formación Estelar y Planetaria Astronomía Infrarroja (Electiva Biología)	Exobiología (Electiva Biología)
<i>Formación Estelar y Planetaria</i>	Formación Estelar y Planetaria Astronomía Infrarroja	Astrometría
<i>Astronomía de Altas Energías</i>	Mecánica Cuántica II Electrodinámica II Física Subatómica Supernovas y Objetos Compactos	Explosiones de Rayos Gamma Astronomía Ultravioleta, Rayos X y Gamma Teoría Cuántica de Campos
<i>Formación y Evolución Galáctica</i>	Formación y Evolución Galáctica Estructura y Dinámica Galáctica	Núcleos Galácticos Activos
<i>Cosmología y Astrofísica Relativista</i>	Métodos II	Teoría Cuántica de Campos Cosmología Moderna Núcleos Galácticos Activos

En cada una de las áreas de profundización se han definido unas líneas de investigación específicas que se corresponderán en el programa con alternativas de formación en profundidad en una determinada disciplina. En la figura 5 se presentan e ilustran las áreas de profundización definidas en este punto de la construcción del programa.

4.2.2. Plan de estudios expresado en créditos

El programa de Pregrado en Astronomía presentado aquí comprende un total de 154 créditos académicos. El programa incluye cuarenta y siete (47) asignaturas incluyendo el trabajo final y dos (2) materias electivas. Se utiliza la estructura de créditos establecida en el Documento Rector para la transformación curricular de la Facultad: *“Un crédito equivale a tres (3) horas de trabajo semanal del estudiante, contando las horas directas de trabajo con el profesor así como el trabajo individual”*.

Distribución de horas teóricas y prácticas:

Tipo de curso	Horas teóricas	Horas prácticas	Créditos
Curso teórico/práctico	4	2	5
Curso teórico intenso	4	1	4
Curso Práctico	1	4	4
Curso teórico	4	0	3
Seminario	2	0	2

La distribución porcentual resultante de los cursos es la siguiente:

Área	Cursos	Créditos	Fracción Cursos	Fracción Créditos
Astronomía	16	55	32,7%	35,7%
Física	12	42	24,5%	27,3%
Matemáticas	7	30	14,3%	19,5%
Computación	2	5	4,1%	3,2%
Cátedra Universitaria	7	10	14,3%	6,5%
Inglés	4	8	8,1%	5,2%
Fundamentación Ciencias	1	4	2,0%	2,6%
TOTAL	49	154	100,0%	100,0%

Aquí se pone en evidencia la importancia de la Física en la formación de un profesional en Astronomía. El 24,5% de las asignaturas son asignaturas fundamentales de Física. Como puede apreciarse también, el programa satisface lo dispuesto por el comité de transformación curricular sobre el número total de asignaturas por semestre y el número de créditos total.

Un programa de pregrado en ciencias básicas contribuye a la formación integral del profesional y le permite entender la integración y relación de sus saberes específicos con otros saberes.

Para ello se han integrado al programa los cursos de “Cátedra Universitaria” que pretende ofrecer al estudiante esos espacios de reflexión, académicos y de interrelación que le permitan lograr una formación integral. En particular la propuesta de formación en cátedras universitarias de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales es la siguiente:

- **Cátedra I:** Lecto-escritura. Formación en los diferentes géneros discursivos de las ciencias.

- **Cátedra II:** Lecto-escritura. Encuentro con la lectura como generador de procesos de autoformación.
- **Cátedra III:** Lecto-Escritura. Lectura específica de textos científicos, manejo del lenguaje de las ciencias.
- **Cátedra IV:** Formación Ciudadana. Historia socio-política de Colombia
- **Cátedra V:** Formación Ciudadana. Ética, política y estética.
- **Cátedra VI:** Formación Ciudadana. Historia Constitucional de Colombia. Civismo.
- **Cátedra VII:** Formación Ciudadana. Ética Profesional en el ejercicio de las ciencias.

Vale la pena mencionar que la dedicación semestral que el programa exige al estudiante (entre 14 y 18 créditos) le permitirá disponer de tiempo para disfrutar de la cultura académica y artística de la Universidad. Esto se entiende como los diferentes eventos culturales, deportivos y artísticos que se programan dentro del campus universitario, y son contados como actividades de vital importancia en la formación de los profesionales en Astronomía.

Adicionalmente, el proyecto de transformación curricular ha implementado el Inglés como segunda lengua. Para esto el pensum de Astronomía cuenta con cuatro cursos de inglés que le brindarán al futuro profesional la capacidad comunicativa necesaria para desenvolverse en el ámbito internacional que exige una carrera como la Astronomía.

- **Inglés I:** Nivel de lectura en Inglés (Reading)
- **Inglés II:** Nivel de escucha en Inglés (Listening)
- **Inglés III:** Nivel de escritura en Inglés (Writing)
- **Inglés IV:** Nivel de conversación en Inglés (Speaking)

4.2.3. Estrategias para el desarrollo de los principios curriculares

Sobre la formación integral: El pensum del pregrado de Astronomía busca una formación académica y científica de alta calidad, combinado con el aspecto humanístico y cívico que se busca en un profesional integral. Los cursos de cátedra universitaria buscan formar a los estudiantes de Astronomía en áreas humanísticas como la lengua materna, la historia socio-económica de Colombia, la ética y la didáctica en la enseñanza de las ciencias. Igualmente, los estudiantes se forman en lengua inglesa (Ver sección 4.2.2).

Sobre la interdisciplinariedad: La Astronomía es por su propia naturaleza como ciencia, un conocimiento interdisciplinario. Todo astrónomo debe tener conocimientos profundos en las demás áreas de las ciencias exactas como la Física, la Química, la Biología y especialmente las Matemáticas. La Astronomía moderna se relaciona con todas ellas a través de sus diferentes especialidades. Es así como en la actualidad existen áreas de investigación tan

importantes como la Astrobiología, la Astroquímica, que combinan lo mejor de cada ciencia para tratar de entender las interacciones entre materia y energía más allá de los simples fenómenos astronómicos. Por otro lado, la Astronomía posee un altísimo contenido de Historia, de Epistemología y de Filosofía. Puede darse por sentado que más que ninguna otra ciencia exacta, la Astronomía es posiblemente la más interdisciplinar de las ciencias.

Sobre la flexibilidad: La propuesta de transformación curricular de la FCEN incluye un plan a mediano-largo plazo de doble titulación para las carreras ofrecidas en los cuatro institutos de la Facultad. Se debe aclarar que dicho plan se encuentra apenas en etapa de formulación. Sin embargo, para los estudiantes de Astronomía existe la posibilidad de validación de materias vistas en el pensum de Astronomía como materias del pregrado de Física. Esto les brindaría a los estudiantes que pretendan alcanzar también un título en Física, completar los créditos necesarios y poder obtener ambos títulos. Existe una matriz de equivalencia y completes de los pensum de Física y Astronomía. Por otro lado, los estudiantes de la UdeA tienen el derecho de matricular cualquier curso de otra Facultad o Instituto, hasta un máximo de 8 créditos por semestre. Aunque estos créditos no cuentan para su pensum, si les da la oportunidad académica de incursionar en otras áreas de la ciencias, así como en artes, ingeniería y humanidades.

Sobre la integralidad: Un profesional egresado del pregrado de Astronomía es un científico con un alto nivel académico. Por otro lado, el pensum del programa de Astronomía ha sido diseñado con el propósito de formar no solo un científico con los más altos estándares sino un ciudadano del mundo, consciente de su lugar en el universo, humanista, pacifista y con una gran responsabilidad social. Un astrónomo de la Universidad de Antioquia es un profesional integrado a su grupo social, a su comunidad y en todos los sentidos es un buen ciudadano.

Sobre la inclusión: La Universidad de Antioquia a través de su oficina de bienestar, cuenta con programas de inclusión a los que se acoge acoge la Facultad de Ciencias Exactas y naturales.

Sobre la internacionalización: La ciencia moderna se construye de manera cooperativa, entre pares académicos de todo el mundo interesados en los mismos temas específicos. La Astronomía es una de las ciencias de mayor intercambio internacional de ideas. El pregrado de Astronomía de la UdeA trabaja en proyectos de investigación con colegas de todo el mundo e instituciones alrededor del mundo. Países como Alemania, Holanda, Estados Unidos, Brasil, Argentina y México, entre otros, hacen parte de los aportes internacionales a los proyectos de investigación y al desarrollo académico (Ver más en sección 4.2.8).

4.2.4. Estrategias materiales para el desarrollo de los principios curriculares

Recursos Bibliográficos

El programa es apoyado por el sistema de bibliotecas de la Universidad de Antioquia, el cual cuenta con amplio inventario de libros relacionados en las temáticas del programa. El número de publicaciones pertinentes al nuevo programa pueden adquirirse con cierta facilidad, la mayoría de ellas de reciente publicación y en su gran mayoría en idioma inglés, lo que fomenta el bilingüismo entre nuestros profesionales. La biblioteca cuenta además con un servicio inter-bibliotecario por el cual es posible la consecución de textos, artículos técnicos y patentes, y acceso a sus bases de datos, a través de internet e intranet.

Adicionalmente la biblioteca cuenta con suscripciones electrónicas a las más importantes publicaciones seriadas en la disciplina. A continuación se enumeran las más relevantes publicaciones de este tipo que pueden ser accedidas desde la red interna de la Universidad:

Publicación	País	Cuartil
Astrophysical Journal	Estados Unidos	Q1, 3.266
Monthly Notes of the Astronomical Royal Society	Reino Unido	Q1, 2.806
Astronomy & Astrophysics	Francia	Q1, 2.446
Astronomical Journal	Estados Unidos	Q1, 3.069
Icarus	Estados Unidos	Q1, 2.447
Nature	Estados Unidos	Q1, 21.936
Science	Reino Unido	Q1, 13.217
Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	Reino Unido	Q3, 0.652
Physics Reports	Estados Unidos	Q1, 8.102
Physical Review D	Estados Unidos	Q1, 1.882

* El Quartile (Q) y el factor de impacto se calculan con base en las citas que reciben los artículos publicados en cada revista. Los valores en la tabla son publicados por Scimago Journal Ranking: <http://www.scimagojr.com/journalrank.php>

Muchos otros títulos y revistas indexadas están disponibles a través del Sistema de Bibliotecas de la UdeA: <http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/sistema-bibliotecas>

A continuación se presenta una relación de los textos (libros) que pueden encontrarse en la Biblioteca Central de la Universidad en áreas como Astronomía, Astrofísica, Cosmología y otras ciencias espaciales. Vale la pena mencionar que la Biblioteca de la Universidad de Antioquia tiene una de las colecciones más completas en la disciplina en nuestro país, e incluye una importante colección de textos actualizados, colección que ha resultado de la actividad de los Grupos de Investigación del Instituto con líneas de investigación en Astronomía y/o Astrofísica en los últimos años, y por iniciativas y donaciones específicas de profesores del mismo instituto.

Materia	Títulos
<i>Astronomía General, Astrofísica y Cosmología</i>	410
<i>Astronomía de otras culturas (Arabe, Griega, Inca, Indígena, Kalina-Surinam, Maya, Wayana)</i>	26
<i>Astronomía Antigua</i>	12
<i>Astronomía Aparatos e instrumentos</i>	12
<i>Astronomía Esférica y práctica</i>	6
<i>Astronomía Historia</i>	6
<i>Astronomía Colombia</i>	6
<i>Astronomía Náutica</i>	4
<i>Astronomía Bases de datos</i>	3
<i>Astronomía Física</i>	2
<i>Astronomía Atlas</i>	2
<i>Astronomía de Medellín</i>	1
<i>Astronomía Siglo XVII</i>	1
<i>Astronomía Siglo IV</i>	1
<i>Astronomía Marte</i>	1
TOTAL	49

Adicionalmente el grupo de investigación de FACom ha venido adquiriendo la mayoría de

textos de estudio necesarios para el desarrollo de cursos como los de computación, Astronomía de posición, ciencias planetarias, Astrofísica estelar y galaxias y cosmología. Dichos textos se encuentran a disposición de los estudiantes en la biblioteca del grupo FACom.

Recursos Informáticos

El pregrado de Astronomía cuenta con una sala de informática de uso exclusivo del pregrado con 24 computadores de última generación conectados a la red y con el software necesario para el trabajo académico e investigativo de profesores y estudiantes.

Además de esta facilidad exclusiva, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales cuenta con 2 salas de computadores habilitadas para el trabajo de los docentes y estudiantes y para la realización de cursos de interés general para la facultad y sus dependencias.

Además, el instituto de Física cuenta con 1 sala dedicada solamente para los docentes y estudiantes de su programa. Adicionalmente el instituto tiene a su disposición 4 servidores de grandes prestaciones para atender requerimientos de almacenamiento y servicios básicos de correo electrónico, hospedaje de páginas web y espacio para la realización de cursos y tutoriales específicos en informática.

Adicional a estos recursos, el Instituto cuenta con un *Cluster Beowulf*, formado por 26 procesadores distribuidos en 10 servidores *Dell Power Edge* conectados por una red *Ethernet Gigabit*. El cluster está configurado y opera con el sistema operativo Linux y cuenta con herramientas de software libre para la investigación en Física y Astrofísica computacional. El uso del cluster por usuarios de otros grupos de investigación del Instituto ha sido hasta el presente menor. En parte por la disponibilidad en esos grupos de plataformas de computo robustas y en parte por la no disposición de software especializado en esas otras subdisciplinas.

La Universidad de Antioquia por iniciativa y contribución de la Vicerrectoría de Investigaciones y con el apoyo económico de 12 decanaturas, incluyendo naturalmente la Decanatura de Ciencias Exactas y Naturales, adquirió un Cluster de servidores robustos de 90 procesadores que está instalado en la Sede de Investigación Universitaria. El cluster hace parte del Centro Regional de Simulación y Cálculo Avanzado (CRESCA), una organización que busca agremiar a las Universidades de la Región alrededor del tema de la computación científica avanzada.

El Grupo FACom cuenta con un servidor dedicado para el hospedaje de su sitio en Internet (uno de los más completos y activos en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales) así como repositorios para los proyectos de desarrollo del grupo. Cada docente del grupo cuenta con su propio PC de oficina. Adicionalmente el grupo cuenta con 5 computadores portátiles para apoyar las actividades de investigación de sus estudiantes.

Actualmente el pregrado ha colocado a disposición del público una página alojada en un

servidor internacional donde puede encontrarse toda la información referente al programa, así como el listado de profesores vinculados, información sobre el grupo de investigación, los contenidos de los cursos, el pensum completo del programa, publicaciones del grupo incluyendo artículos, tesis y documentos de interés académico y todo el instructivo básico para el proceso de admisión al programa y a la Universidad de Antioquia.

El URL del pregrado de Astronomía es: <http://astronomia-udea.co/>

Salones de Clase

En los primeros dos años del programa la mayor parte de las asignaturas que cursan los estudiantes del pregrado de Astronomía son asignaturas compartidas con otras carreras de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Cada una de estas asignaturas cuenta con uno o más grupos y aulas destinadas para su realización.

La Facultad dispone de aulas dotadas con todos los medios audiovisuales y de red para ofrecer materias específicas del programa como Introducción a la Astronomía y Astronomía de Posición.

Laboratorios

- Laboratorios de Física con dotación para prácticas docentes en mecánica, ondas y campos.
- Laboratorio de circuitos y electrónica con dotación para simulación, prácticas guiadas y montajes libres.
- No se requieren laboratorios para los cursos específicos de la carrera.
- Salas de computadores para la realización de los cursos teórico prácticos en computación.

Por otro lado, el instituto de física cuenta con equipos de observación astronómica para el desarrollo de las materias prácticas de la carrera. Dichos equipos son:

- 1 Telescopio reflector MEADE de 14"
- 1 Telescopio reflector MEADE de 8"
- 1 Telescopio Solar CORONADO H-Alpha de 6"
- 1 Cámara CCD
- 1 Espectrografo

4.2.5. Uso de TIC para el desarrollo de los contenidos curriculares

El programa cuenta con el soporte de las redes de comunicaciones de la Universidad de

Antioquia y la Facultad de Ciencias Exactas. A través de estas se tiene acceso a las redes mundiales de información. A la fecha la Universidad de Antioquia cuenta con 4000 puntos de red y un canal de acceso de banda ancha vía radio a un ISP internacional en USA. Además cuenta con un servicio de internet inalámbrica en el campus.

A través de esta infraestructura los docentes, investigadores y estudiantes tienen acceso electrónico a sistemas abiertos con bases de datos de abstracts y preprints (los ArXiv, <http://xxx.lanl.gov>, el SAO/NASA Astrophysics Data System <http://adsabs.harvard.edu>, y los High-Energy physics literature database <http://www.slac.stanford.edu/spires>). Adicionalmente la Universidad provee acceso a redes y bases de datos bibliográficas y especializadas a través de suscripciones institucionales de renovación anual.

La misma infraestructura de comunicaciones permite la conexión a Centros de Investigación, Observatorios Astronómicos alrededor del mundo, Observatorios virtuales para la adquisición de datos astrofísicos, teóricos y observacionales, que sirven de apoyo para la docencia, la formación investigativa y la investigación.

La red da acceso además a los recursos computacionales avanzados con los que cuenta el Instituto de Física y la Universidad de Antioquia desde cualquier oficina y sala de computadores de la Universidad.

Se cuenta también con acceso a la Red Universitaria de Antioquia (RUANA) y de allí a la Red Nacional de Tecnología Avanzada (RENATA) que además está conectada a las redes de alta velocidad dedicadas a la investigación en Latinoamérica (Red Clara).

El pregrado de Astronomía cuenta con una sala de informática de uso exclusivo del pregrado con 24 computadores de última generación conectados a la red y con el software necesario para el trabajo académico e investigativo de profesores y estudiantes.

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales cuenta con 2 salas de computadores habilitadas para el trabajo de los docentes y estudiantes y para la realización de cursos de interés general para la facultad y sus dependencias.

Además, el instituto de Física cuenta con 1 sala dedicada solamente para los docentes y estudiantes de su programa. Adicionalmente el instituto tiene a su disposición 4 servidores de grandes prestaciones para atender requerimientos de almacenamiento y servicios básicos de correo electrónico, hospedaje de páginas web y espacio para la realización de cursos y tutoriales específicos en informática.

Adicional a estos recursos, el Instituto cuenta con un *Cluster Beowulf*, formado por 26 procesadores distribuidos en 10 servidores *Dell Power Edge* conectados por una red *Ethernet Gigabit*. El cluster está configurado y opera con el sistema operativo Linux y cuenta con herramientas de software libre para la investigación en Física y Astrofísica computacional. Vale la pena anotar que el recurso es utilizado permanentemente por los trabajos de investigación que adelanta en el Grupo de Física y Astrofísica Computacional en

el área de Astrofísica Numérica. La razón básica de esa utilización intensiva del recurso para la Astrofísica estriba en la disposición de software especializado y gratuito que puede aprovechar las facilidades para el cómputo paralelo que ofrece el Cluster.

Adicionalmente el grupo cuenta con 5 computadores portátiles para apoyar las actividades de investigación de sus estudiantes.

4.2.6. Formación para la investigación

Desde los primeros semestres del programa, los seminarios de investigación se enfocan en el desarrollo de competencias científicas en los futuros astrónomos. Iniciando con un acercamiento a la ciencia escrita, a través de la lectura y el análisis de artículos específicos sobre temáticas variadas en todos los campos de la Astronomía y otras ciencias espaciales, los estudiantes adquieren una estrecha relación con los temas de punta que se están trabajando a nivel nacional e internacional.

El seminario también busca que el estudiante esté en capacidad de producir textos científicos. Todo profesional en ciencias básicas debe procurar desarrollar habilidades para la publicación de textos académicos, documentos interdisciplinarios y textos divulgativos. La ciencia debe ponerse al alcance del público general, es un deber de todo investigador propender por la apropiación social del conocimiento. El conocimiento científico es un patrimonio cultural, igual que todas las creaciones del intelecto humano.

Finalmente, todo profesional en Astronomía debe desarrollar un trabajo permanente de investigación, solicitud de horas de telescopio, pasantías con prácticas en observatorios astronómicos, adquisición, obtención, reducción y el análisis de datos observacionales son lagunas de las actividades de importancia central en el desarrollo de las competencias investigativas del profesional en Astronomía.

4.2.7. Extensión, prácticas y proyección social

El programa de Astronomía de la Universidad de Antioquia orienta la formación de sus estudiantes hacia el desarrollo de la ciencias básicas en nuestro país, en especial, la participación de la ciencia colombiana en la producción de conocimiento de punta en todas las áreas de investigación que abarca la Astronomía. Es una necesidad planteada desde hace más de veinte años en el ensayo sobre el desarrollo científico y tecnológico de Colombia, *COLOMBIA AL FILO DE LA OPORTUNIDAD*, se deben adelantar políticas de fomento y apoyo al desarrollo tecnológico y científico del país. El profesional en Astronomía de la Universidad de Antioquia aporta soluciones a la gran diversidad de situaciones que plantea la investigación moderna, a nivel nacional e internacional en su área.

El profesional de la Astronomía entiende a nuestro entorno inmediato como un lugar pequeño

dentro de un universo muy vasto, y al mismo tiempo reconoce la unicidad y peculiaridad que nuestro planeta y sus condiciones medioambientales y de diversidad biológica tienen en el contexto del Universo. La formación en Astronomía ayuda a eliminar las fronteras intelectuales o geográficas que limitan al ser humano. La humanidad es una sola para el astrónomo, fruto de la evolución de un universo dinámico y prolijo. En palabras de Carl Sagan: *"Somos materia que ha evolucionado durante catorce mil millones de años para transformarse en vida y conciencia"*. La visión del mundo que un profesional en Astronomía desarrolla a través del estudio del Universo lo convierte en un ser humano con una visión integral de la naturaleza y con un potencial de socialización e intercambio cultural único entre las ciencias. La amplitud mental del ser humano es de alguna forma proporcional al tamaño del espacio y el tiempo que caben en su cabeza. Por su formación el profesional de la Astronomía tendrá la capacidad para comprender las dimensiones espaciales y temporales del Universo haciendo de él un ser humano de mente abierta, amplia y sin propensiones a los prejuicios sociales, morales, raciales o políticos.

Un Astrónomo puede aportar intelectual, cultural y económicamente a la sociedad a la cual pertenece y en general a la humanidad entera. La búsqueda de respuestas sobre la naturaleza, funcionamiento y evolución del Universo esconde soluciones a las preguntas más fundamentales de la humanidad. La labor de la Astronomía y sus profesionales es la de acercar desde su actividad investigadora esas respuestas a la sociedad en general. Ya sea en el campo científico y de investigación, o en otros campos como en la educación, la política, o simplemente como un miembro más de la comunidad, un astrónomo dejará ver su liderazgo en toda clase de proyectos que beneficien a su comunidad y en general a su entorno.

La complejidad tecnológica que envuelve la investigación astronómica, los avances en el campo de la óptica, la electrónica y la mecánica involucrados en ellos, exigen un profesional con una sólida fundamentación científica, pero sobre todo, capaz de adaptarse a los cambios, no solo técnicos sino también de paradigmas asociados a nuestra visión del Universo. Se necesitan profesionales que apropien conocimiento en procura del desarrollo y la aplicación de este conocimiento en nuestro entorno. Los desarrollos tecnológicos de las ciencias del espacio han tenido una aplicación comercial en todas las ocasiones. Técnicas como la interferometría, aplicada a las telecomunicaciones, o productos como las cámaras CCDs, cuya aplicación utilizamos a diario en nuestras cámaras digitales son el resultado de los métodos y diseños para la investigación en Astronomía desarrollados durante los últimos veinte años.

Finalmente, el profesional de la Astronomía es un líder por naturaleza. El conocimiento es poder, y la Astronomía brinda un conocimiento muy amplio sobre muchos aspectos del funcionamiento del universo. Ese poder en manos del astrónomo es enfocado en el bienestar intelectual, no solo de su grupo social cercano, sino el de todos los individuos en la comunidad en la que se desarrolla profesionalmente.

4.2.8. Internacionalización del currículo

A partir del año 2013 se ha venido realizando un intercambio con profesores de la Universidad de Leiden (Holanda). Este intercambio se realiza gracias al convenio que se estableció entre la Universidad de Antioquia y la Universidad de Leiden. El intercambio se da bajo el nombre del programa AstroTwinColo, y ofrece a los estudiantes la posibilidad de participar en mini cursos dictados por expertos en diferentes áreas de la Astronomía y la Astrofísica. Los cursos, que en su gran mayoría han sido dictados en Ingles, dan cuenta del nivel que tienen los estudiantes de niveles avanzados de la carrera, lo que ayudará a que sus futuros como profesionales tengan una ventana más amplia para desarrollarse como profesionales.

Además de este convenio, se han invitado anualmente profesores de diferentes instituciones internacionales, los cuales visitan la Universidad de Antioquia con el fin de ofrecer igualmente mini cursos en áreas específicas de su conocimiento. Esto pone a los estudiantes de la Universidad en la mira de instituciones internacionales.

Todo esto se ha dado gracias a la posibilidad que tienen los profesores invitados, y los profesores del Instituto de Física, para movilizarse. Igualmente, los estudiantes de niveles avanzados tienen el total apoyo de los profesores del Instituto de Física (y en particular los profesores de el pregrado de Astronomía) para la participación en eventos internacionales (escuelas, congresos, seminarios, etc).

Todas estas ventajas que se dan dentro del programa de Astronomía hacen que se genere cooperación internacional, y que de esta manera, los estudiantes tengan una visión más amplia de las posibilidades para desarrollar sus carreras como profesionales.

4.2.9. Gestión del currículo

El programa de Astronomía de la Universidad de Antioquia es uno de los dos programas de pregrado que ofrece el Instituto de Física, que a su vez hace parte de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad.

El programa cuenta con un coordinador *ad-hoc* quien a su vez es coordinador del pregrado del Instituto de Física, y que depende directamente del jefe del Instituto de Física y en todo se rige por las disposiciones y reglamentación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales para su funcionamiento y devenir administrativo. El coordinador del pregrado participará como miembro por derecho propio del Consejo de Instituto donde tendrá voz y voto en todas las decisiones relativas al funcionamiento no solo de la carrera sino del Instituto como un todo.

5. Evaluación y auto-evaluación

5.1 Los procesos de evaluación

Evaluación a docentes

La evaluación docente se establece en el reglamento profesoral, y el pregrado de Astronomía se basa en éste para la realización de los docentes del programa. Dicha evaluación se realiza por parte de los estudiantes semestre a semestre, y se utiliza para estudiar diferentes aspectos de parte del profesorado: puntualidad, conocimiento del tema, entre otros. Dado que se asume la libertad de cátedra como uno de los pilares en los que la docencia se establece, las metodologías pueden variar de profesor a profesor. Sin embargo, se organizan reuniones periódicas para el análisis y estudio de las diferentes metodologías, y de esta manera tratar de implementar las mejores prácticas en el aula de clase, de tal manera que los estudiantes obtengan el mayor beneficio posible.

Seguimiento de egresados

El número de egresados de la carrera es aun pequeño. Es por esto que el seguimiento a los egresados se refleja en una fácil tarea para la recolección de datos.

Para el seguimiento de los estudiantes se implementan las estrategias de la Universidad de Antioquia. Estas estrategias tratan de conservar información de la labor docente y/o académica que este realizando el egresado, su información de contacto y su nivel educativo.

Bienestar universitario

Los profesores y los estudiantes del pregrado de Astronomía, como miembros activos de la Universidad de Antioquia, reciben todos los beneficios relacionados con Bienestar Universitario.

5.2 Los procesos de autoevaluación

Las autoevaluaciones para el pregrado de Astronomía se realizarán siguiendo los estándares de máxima excelencia que dicte el Ministerio de Educación y la Universidad de Antioquia.

Registro calificado

El programa de Astronomía se rige por la ley 1188 del 25 de abril de 2008 que regula el proceso de registro calificado de los programas de educación superior y que sirve de referente para los nuevos programas de pregrado.