



ESTA OBRA ES PROPIEDAD DE LA
BIBLIOTECA DEL
CONSEJO NACIONAL DE RECTORES
ACTIVO NUMERO: 5593

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

PRESENTACIÓN

El estudio que se presenta en este documento, (OPES-18/99) se refiere al dictamen sobre la propuesta de creación de la Maestría en Astrofísica en la Universidad de Costa Rica.

El dictamen fue realizado por Alexander Cox Alvarado, Investigador III de la División Académica de la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES). La revisión estuvo a cargo del M.B.A. Minor A. Martin G., Jefe de la División citada.

El presente dictamen fue aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión ** -99, artículo *, inciso , celebrada el ** de mayo, 1999.

REVISADO POR: _____
Aprobado por: _____
OPES
16-99
15-6-99

José Andrés Masís Bermúdez
Director OPES

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

ÍNDICE DE TEXTO

	<u>PÁGINA</u>
1. Introducción	1
2. Aspectos académicos	1
2.1 Justificación del programa	1
2.2 Objetivos del plan de estudios	12
2.3 Perfil profesional	12
2.4 Requisitos de ingreso	13
2.5 Planes de estudios, programas, duración y requisitos de graduación	14
3. Acreditación de la Escuela de Física	14
3.1 Experiencia de la unidad académica	15
3.2 Facilidades de investigación	15
4. Características del personal docente del Programa propuesto	19
5. Financiamiento para el programa propuesto	20
6. Conclusiones	20
7. Recomendaciones	20

ÍNDICE DE ANEXOS

		<u>PÁGINA</u>
<u>ANEXO A:</u>	Plan de estudios de la Maestría en Astrofísica	21
<u>ANEXO B:</u>	Programas de los cursos de la Maestría en Astrofísica	23
<u>ANEXO C:</u>	Profesores de la Maestría en Astrofísica y sus grados académicos	37

1. Introducción

La solicitud para impartir la Maestría en Astrofísica en la Universidad de Costa Rica (UCR) fue solicitada al Consejo Nacional de Rectores por el Rector de la UCR en nota R-1938-99, del 12 de abril del presente año, con el objeto de iniciar los procedimientos establecidos en el *Fluxograma para la creación de nuevas carreras*¹. El CONARE acordó en la sesión 10-99, del 27 de abril, que la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES) realizara el estudio correspondiente.

La unidad académica base de la Maestría en Astrofísica será la Escuela de Física.

2 Aspectos académicos

2.1 Justificación del Programa

La Universidad de Costa Rica justifica así la creación de la Maestría en Astrofísica:

“El tratar de justificar y elaborar un documento para la creación de la Maestría en Astrofísica, con sus diferentes matices, es una tarea que nos liga a los aspectos más profundos del conocimiento humano. ¿Por qué? Débese tal vez a ese aspecto de inquietud conocedora que desde que existe el hombre siempre lo ha acompañado. Simplemente recordemos que el más primitivo de nuestros ancestros al contemplar el Cielo, le debió de llamar la atención el continuo aparecer y desaparecer del Sol sobre su Cielo; y relacionó que cuando desaparecía, había una oscuridad casi total en su entorno, a menos de esas estrellas que lo alumbraban en las noches claras; y que cuando salía por las mañanas volvía de nuevo la claridad y el calor de ese astro - que nos ha acompañado desde aquellos muy lejanos días -, que lo calentaba y fortalecía, y comprendió los beneficios de éste, por lo que debió de querer saber algo más en abstracto de ese fenómeno físico que ocurría con regularidad, ya no tanto para elevarlo a la categoría de Dios, sino como elemento de elevación intelectual en la escala animal.

Si continuamos analizando la Historia de ese hombre observador, y lo que de él ha sido, nos veremos siempre compelidos a reconocer que ese entorno estelar siempre lo ha acompañado, y siempre lo acompañará. El cuestionamiento,

¹ Aprobado por el CONARE en la sesión N°38 del 5 de febrero de 1976, posteriormente modificado en la sesión N°97, artículo 4, del 21 de diciembre de 1977.

el planteamiento de hipótesis, las inferencias que de ese entorno él gana, le permiten dar el paso más importante del conocimiento: la fundamentación de teorías basada en la observación y la experimentación. Es la diferencia abismal entre el hombre y el animal. Adicionalmente, en términos actuales, podemos asegurar que la observación sistemática del Cielo desde la Antigüedad, ha sido un fenómeno global. Vale decir, que se da en los diferentes rincones del mundo casi al mismo tiempo, y de acuerdo a la escala del tiempo de las respectivas áreas.

Pannekock, insigne científico y hombre público holandés, en su Historia de la astronomía escribe:

Si un físico contemporáneo mira hacia atrás, hacia sus predecesores, encontrándose éstos en los cimientos del edificio de la ciencia, verá a personas semejantes a sí mismo, con nociones análogas acerca del experimento, de la teoría, de la causa y el efecto. Si el astrónomo sigue el recorrido de sus predecesores, descubrirá a sacerdotes de Babilonia, a nobles y al clérigo de la época del Renacimiento, etc., hasta que, en la persona de los científicos de los siglos XVII y XVIII, encuentre a sus colegas de profesión. Para todos ellos, la astronomía no era una rama limitada de la ciencia, era por el contrario, una teoría sobre el mundo con toda su concepción en general, estrechamente ligada a sus pensamientos y sentimientos.

Sabemos, por lo apuntado anteriormente; que el estudio, de lo que conocemos como Universo, muy posiblemente haya nacido con el Homo sapiens. Por ello resaltamos que la Historia nos ha demostrado que muchas civilizaciones antiguas utilizaban conocimientos de tipo astronómico que les servía para poder pronosticar algunos cambios, en muchos casos, climáticos y de condición humana, como para medir el tiempo; esta práctica se mantiene hasta nuestros días.

Sin embargo, con el avance científico, hemos logrado más que eso (exceptuando predicciones en las condiciones humanas); hoy día, con orgullo tratamos de salir más allá del planeta Tierra, de explorar nuevos mundos, en la mira está el planeta Marte, ya que en las dos próximas décadas será dedicado su estudio, y entonces surge la pregunta:

¿Para qué tanto esfuerzo?

Obviamente es el deseo de encontrar nuevos mundos que nos puedan permitir vivir mejor, de conocer mejor el entorno que nos rodea, en otras palabras, es parte de la inversión que se debe de hacer para solucionar los problemas que tenemos, o que notamos tendremos en el futuro, y que por otra parte son la única herencia que podemos dejarle a nuestros sucesores. Es ese conocimiento, precisamente, lo que nos han dejado nuestros predecesores y por lo que, no sólo los recordamos, sino que también estudiamos sus enseñanzas, para conocer la

manera como fueron estudiadas las diferentes problemáticas en esos inicios por ellos. Así, podemos concluir que la necesidad de continuar investigando en campos tan fundamentales como lo son la astrofísica y la astronomía, es, sin temor de aumentar o disminuir la importancia a otras ramas del conocimiento, primordial en lo que respecta al avance, tanto de la ciencia, como tecnología del futuro; hecho palpable que lo han sabido notar los países desarrollados del mundo.

Los países centroamericanos no están preparados económicamente para desarrollar la parte experimental en el área de la astrofísica de una manera seria, ya que por lo general, todos éstos viven en constantes crisis económicas y financieras; sin embargo, sí existe la posibilidad de hacer investigación de tipo teórica de la mejor calidad, que justifique en un futuro el goce y disfrute de los beneficios que de ella surjan; aparte de esto, el conocimiento de la Naturaleza per se y la preparación de personal especializado en todas las áreas básicas del conocimiento humano, para la comunidad centroamericana, forma parte de nuestras obligaciones. No podemos permitir seguir viviendo en el subdesarrollo supino, sin por lo menos tratar de montar las bases para que tal vez algún día, no nosotros, pero sí nuestros sucesores, puedan de una manera más prometedora y eficiente, establecer las líneas motoras reales del desarrollo. Por ello queremos dejar nuestra contribución clara y precisa hoy en día a ese desarrollo futuro.

Muchos hablan del Desarrollo, y pareciera que todos esperan que éste venga por sí solo, o en algunos casos, - y estos son la mayoría -, parecieran no entender la relación ciencia- Desarrollo, creen que el Desarrollo monta sus bases solamente en la Economía; esto obviamente es un error de grandes consecuencias al cual se le debe de tratar, por todos los medios, de darle fin.

Nuestros países se están quedando atrasados en las ramas de las ciencias exactas, cosa que dará como resultado, continuar en dependencia eterna con los países desarrollados; es por eso que, entre muchas cosas, se hace necesaria la investigación en ciencias básicas exactas y naturales en estos países; es necesario concientizarse que la frase nosotros no podemos hacer investigación, es en realidad una excusa, y que lo único que permite es reprimir, desde diferentes ángulos, cualquier esfuerzo por lograr el progreso en dichos países en la ciencia y en otros aspectos de carácter general.

Como cosa interesante, es bien conocido que el desarrollo de la ciencia, no sólo permite aumentar el conocimiento de los pueblos en relación con otros, sino que también sirve como un factor que actúa en la sociedad positivamente, y que le da seguridad y confianza en sí misma, de la misma forma que lo hace el deporte.

Los pueblos, especialmente los centroamericanos, ocupamos este tipo de motivación para seguir en la lucha por un futuro mejor, sin perder las esperanzas de que algún día podremos superar los problemas que nos rodean. Es por eso que el avance científico también contribuye al desarrollo en otras esferas de la sociedad, de una manera prácticamente indirecta. Además de lo anteriormente

dicho, acerca de la astrofísica, es necesario también recordar la importancia inmediata, de ésta, en áreas como lo son la Agricultura, la Medicina y otras de carácter biológico. Recordemos que ha sido observado en los últimos años, por países como Japón, Rusia, etc. , que la actividad solar afecta la biosfera en su globalidad. Esto significa que el problema Sol-Tierra abre nuevas necesidades con relación a la preparación de astrofísicos, particularmente en los países que se dedican al desarrollo agropecuario.

Adicionalmente, es bien conocido que los astrofísicos han logrado desarrollar, en buena parte, métodos de programación y de cálculo verdaderamente innovadores, aplicables a todos los campos del saber. Así, ellos, por ejemplo, han sido en muchos casos los pioneros futuristas en la comunicación electrónica moderna (la introducción del Bitnet y el Internet en Costa Rica surge precisamente de dicha rama de la ciencia). De esta manera, vemos que una buena preparación en astrofísica, le permite a éste tipo de científico desarrollar distintas áreas de gran interés, no sólo científicas, sino de apoyo a la sociedad civil, como es el caso del Internet.

Volvamos a enfatizar y recordar el gran interés que siente el Hombre por la naturaleza del Universo, su estructura, origen y evolución; cosa por la cual es necesaria la astrofísica, desde el punto de vista de ciencia para la ciencia. La investigación en la astrofísica y en la astronomía, crea la necesidad de la formación de personal capacitado, el cual pueda desarrollar distintas áreas de interés astrofísico, astronómico, astrofísico-tecnológico, etc., que como ya ha sido comentado, en la actualidad es una necesidad de nuestros países. Los programas de estudios en distintas carreras de las universidades centroamericanas, son limitados a cosas muy generales, ésto no les permite a los alumnos, a las universidades y al país mismo, dar un paso adelante en el desarrollo de esta ciencia básica.

Astrofísica en Costa Rica

Resulta importante dentro de este contexto general de pensamiento, delineado en el párrafo anterior, el saber algo más sobre, qué fue y qué ha pasado con los estudios astrofísicos en Costa Rica. No podremos pasar de lejos aspectos históricos de la disciplina en Costa Rica. También puede leerse en ese número, una descripción más detallada del avance de la Física en Costa Rica en los últimos 30 años.

Recordemos que por su ubicación en el contexto geográfico de América Central, Costa Rica recibió la influencia de las culturas no sólo del norte, sino también del sur de su territorio. Sin embargo, la mejor estudiada y a su vez la más documentada es la de influencia mesoamericana. Aquella manifestación cultural proveniente del Caribe Sur se desvanece en la oscuridad de su historia, aunque sus vestigios culturales están aún en fase de análisis y estudio.

La influencia maya sobre la parte noroeste del territorio de Costa Rica es tal vez la más rica en manifestaciones culturales por ser la más habitada desde los tiempos precolombinos. No escapa a nuestra imaginación la posible influencia de los mayas en estas regiones. Ciertamente no tenemos para ello documentos, como los denominados Códices Mayas, en los cuales hay un recuento histórico-científico de los logros alcanzados por dicha cultura autóctona. Es interesante poder resaltar de ellos sus cálculos astronómicos sobre los eclipses contenidos en el Códice de Dresde, así como las tablas de multiplicación para las conjunciones del planeta Venus y las correcciones para la órbita solar; también están las tablas de ascensos y ocasos de Venus durante un período de 312 años, y las de los eclipses de Sol y Luna. Un estudio no sólo de 405 órbitas de la Luna en un período de 32 3/4 años (11960 días) sino también de 69 eclipses de Sol. Tal recuento histórico astronómico nos lleva a pensar que parte de ese conocimiento haya sido transmitido desde las regiones del norte de Guatemala hacia la parte más septentrional de la América Central por migraciones e intercambio comercial de indígenas que poblaron nuestra provincia de Guanacaste, como límite sur de la región de influencia mesoamericana.

Sin embargo, no es solamente en los códices donde hay referencia a la predilección astronómica de los mayas, sino también en los bajorrelieves de la ciudad de Copán, en Honduras. Ya que en ella se encuentran lo que se cree fue un centro astronómico de primera magnitud, donde no hubo una generación de astrónomos, sino varias y que lograron generar el calendario con meses de 20 días, posible precursor del calendario azteca.

Las manifestaciones científicas mencionadas anteriormente nos obligan a creer (subjetivo) que las culturas autóctonas nuestras deben de haber poseído algo de ese conocimiento científico importado de los centros de población maya. Sin embargo, en el recuento arqueológico no hay, hasta hoy en día, un hallazgo que nos pudiera indicar, si lo que creemos como cierto, se dio en realidad. La única manifestación clara no proviene de la región de influencia maya, sino más bien de la región del Caribe, pero sobre todo por el asentamiento indígena de Guayabo de Turrialba (hay otros asentamientos, pero el recuento arqueológico es insuficiente). ¿Qué es lo que nos llama la atención de este asentamiento indígena? En primer lugar puede considerarse la distribución habitacional sobre montículos, así como, el famoso acueducto de Guayabo de Turrialba, que se cree ha estado funcionando. Todo nos hace pensar que al menos hubo personas con una capacidad ingenieril de buen talante; prueba de ellos es que el asentamiento aún persiste y superó la etapa en que fue cubierta Guayabo por la vegetación tropical. Lo que si no pudo sobrevivir dicha etapa, es sin duda los posibles documentos que hayan sido escritos, ya sea en pieles de animales o cortezas de árbol(materiales biodegradables).

Sin embargo, han sido encontrados petroglifos como manifestación escrita en los alrededores de uno de los montículos y en piedras aisladas encontradas diseminadas alrededor del plantel principal de las edificaciones del asentamiento. No ha habido un intento sistemático en tratar de entender el significado de dichos

petroglifos. Nos llama la atención un petroglifo denominado la Piedra de la Lluvia de Guayabo de Turrialba y, que representa un esquema de la venida de las lluvias en el valle de Turrialba. Básicamente hemos podido acercarnos a un interpretación qué es lo que en la piedra se quiere indicar. Una interpretación puede ser que en ella se indica el inicio de la época lluviosa para la región de Turrialba que puede empezar alrededor del 12 de abril y que culmina alrededor del 12 de octubre. Entre dichos meses ocurre el invierno costarricense en esa región. Ambas fechas son fácilmente determinables si se sabe que el Sol en esos días apuntados se encuentra en el cenit sobre el territorio patrio. Una varilla no forma una sombra al mediodía puesto que los rayos del Sol caen perpendicularmente. Eso era un indicativo para los nativos que el invierno (época lluviosa) estaba por llegar. Era la época de empezar a labrar la tierra para sus siembras.

Hay al menos otros dos petroglifos en la región de Turrialba, que nos muestran una descripción gráfica del mencionado valle, antes que una descripción astronómica, en uno de ellos se puede ubicar bien el Valle de Turrialba, en orientación norte - sur. Uno de ellos lo denominamos como el petroglifo de Tucurrique y nos muestra entre otras cosas los principales asentamientos indígenas, indicación de los volcanes Irazú y Turrialba, así como los principales ríos que cruzan la región, v.g., el río Turrialba en la parte norte y el Reventazón hacia la parte sur del valle. Además, hay indicación de las culturas indígenas que habitaban en la región hacia el oeste del valle y hacia el sur del mismo; estos últimos posiblemente fueran más belicosos (recordemos que los indios de Talamanca nunca fueron conquistados por los españoles). Adicionalmente, a unos diez kilómetros hacia el noreste de Tucurrique, en la denominada Angostura, hay otro petroglifo que tiene grabadas varias de las figuras del petroglifo de Tucurrique, lo que nos indica que tal vez haya sido la misma persona (cartógrafo en sentido moderno) la que hizo el trabajo de grabación sobre la piedra.

Evidentemente, no conocemos todas las manifestaciones líticas de nuestros antepasados, pero lo que nos han legado, hace intuir la existencia de una cultura en el ámbito neolítico (pero desfasada en el tiempo con respecto a lo que se da en Europa, sino en la escala de tiempo propia para Mesoamérica); si hubiera manifestaciones en fundición de oro en dicho valle, podríamos adelantarnos hacia una cultura de la edad de Bronce. En dicha región no ha sido encontrado vestigios de fundición de ninguna especie, aparentemente.

Deseamos reafirmar que otras manifestaciones culturales superiores, como pueden ser escritura, e indicios de trabajo en metales, faltan, pero no sólo en la región del Atlántico costarricense, sino también en el Pacífico Norte de Costa Rica. Es poco lo que se ha podido encontrar en el trabajo metalúrgico del oro.

Lo anteriormente descrito lo podemos considerar como una de las etapas en el desarrollo cultural y científico de la región denominada hoy como Costa Rica. Evidentemente, esas manifestaciones en Guayabo de Turrialba destacan

sobresaliendo sobre cualquier otro tipo de cultura de la región. Por eso la distinguimos claramente como la primera etapa de su desarrollo científico y tecnológico. Si podemos decir que hubo interés por la astronomía, tal vez desde un punto de vista pragmático. Les interesaba saber, cuando empezaba el período de lluvias y cuando terminaban, para poder cultivar la tierra. No hay ninguna otra manifestación posterior que nos señale que hubo algo más en otras regiones del país, ni aún en el Valle de Turrialba. Aún antes de la llegada de los españoles a esta región, ya Guayabo de Turrialba como centro habitacional había sido abandonado, perdiéndose la continuidad en manifestaciones culturales muy locales del valle de Turrialba.

Desde el contacto de nuestros aborígenes con la cultura europea no hay nada llamativo que podamos denominar como ciencia, en un sentido muy amplio. Ciertamente los emigrantes españoles trajeron instrumentos de labranza, nuevas técnicas de sembrado, nuevas técnicas para trabajar la cerámica, etc. Es muy posible que también hubieran introducido la brújula para guiarse en la selva tropical que cubría por completo la fisonomía de la tierras recién descubiertas. ¿Habrían conocido la orientación con ayuda de las estrellas? Nos imaginamos que la salida y puesta del Sol en su recorrido diario de este a oeste al menos les indicaría esos puntos cardinales. Eso nos enseña que al menos un conocimiento básico al respecto debieron tener, sin ir mas allá de pretensiones de astrónomos.

Entre los insignes costarricenses que nos precedieron y sintieron predilección por esta rama de la ciencia, se encuentra el Fraile José Antonio de Liendo y Goicoechea. Después de don José Antonio de Liendo y Goicoechea no hay una figura descollante que se preocupe tan asiduamente de la Física y de la astronomía. Para ello basta con recordar el triste panorama durante la Colonia en aspectos educacionales y que representó mas de un obstáculo para el desarrollo intelectual de la comunidad de la provincia de Costa Rica. Durante la Colonia, unas pocas escuelas ayunas de recursos, conformaron el paisaje educativo de la más pobre de las provincias del Reino de Guatemala. Dentro de un contexto marcado por un aplastante analfabetismo, fueron muy pocas las mujeres que lograron desafiar los obstáculos para el desarrollo del intelecto. Como nota de excepción se tiene noticias de una notable mujer, Manuela Nava de Escalante. Nacida de una familia ilustre y respetable, quiso también serlo por su mérito, como más seguro título de merecer la estimación de los contemporáneos y la gloria de la inmortalidad. Consagrada al estudio después de la educación de la puericia, devoró libros y panfletos sin elección y sin pausa, y adquirió conocimientos variados y profundos; mas la historia y la literatura fueron en los últimos tiempos su estudio favorito:

... se lanzó al florido campo de la literatura y saboreó los principios elementales de las ciencias en los cuadros ingeniosos de Duval. La Geología especialmente, la estimulaba a razonar, y a veces con enfado. Esta ciencia nueva, decía ella, destruye todas las creencias..."

De ella no tenemos ningún escrito de ninguna índole, simplemente los relatos que nos han llegado por sus contemporáneos.

Sin embargo, otro aspecto importante de resaltarse es la preocupación en nuestros antepasados por la formación científica de sus hijos una década más tarde. Ello es notorio por el hecho que al ser contratado el Bachiller Rafael Francisco Osejo en 1814 por la Casa de Enseñanza de Santo Tomás, entre sus condiciones de trabajo estaba, el desarrollar aspectos filosóficos, políticos y científicos en dicha institución. Por la lista de libros que él pretendió venderle al Municipio de San José, se deduce que tuvo afición por la astronomía, y que, inclusive años después de su partida de la Casa de Enseñanza de Santo Tomás su influencia se hacía sentir. También queremos resaltar un hecho importante en la vida de la Casa de Enseñanza de Santo Tomás y es que durante muchos años no logró graduar a ningún estudiante. Sin embargo, en 1839 el estudiante Vicente Herrera se presenta a hacer exámenes para optar al título de Bachiller en Filosofía; entre los temas de exámenes tenemos:

- **Lógica:** El origen de nuestros movimientos, su atención, hábito, y ventajas que resultan de una unión.
- **Física:** El lumínico, la propagación i densidad de la luz, la diafanidad, opacidad, colores de los cuerpos, i anillos de Newton.
- **Geometría:** Diversas especies de líneas, ángulos i método de medidas en general.
- **Astronomía:** El equilibrio del Universo; el universo i nombres de los planetas primarios, el tiempo de sus revoluciones, causa de los eclipses, i división [sic] del globo terrestre su clima y zonas.

Los tópicos anotados anteriormente revelan que tanto la física, la astronomía como la matemática integraban una parte importante en los programas de estudio de los Bachilleres en Filosofía. También revelan una formación de un personal docente similar a la que, tanto Osejo, como Argüello (sustituto de Osejo en la Casa de Enseñanza de Santo Tomás después que éste abandonó el país en 1833) tuvieron en el Seminario Conciliar de León de Nicaragua; por lo que inferimos la influencia que tenían ambos profesionales en la comunidad intelectual costarricense y, que aún se respiraba en esa Casa de Estudios a finales de la década de los mil ochocientos treinta.

Aún más, en el medio de comunicación colectiva, como lo fue el Mentor Costarricense se incluían artículos referentes a instrumentos físicos y sus aplicaciones, o sea, si bien no se impartían dichas materias en la instrucción formal de las escuelas públicas (básicamente primarias) y privadas, las descripciones de algunos instrumentos, v.g., el termómetro, el telescopio, etc., si se daba en el ámbito de cultura general en la sociedad josefina de aquellos días.

Durante la existencia de la Universidad de Santo Tomás se imparten cursos de Física y aspectos relevantes de astronomía, pero que se restringían básicamente a los cursos de Ingeniería y Medicina (Física Médica). No tenemos los detalles sobre temas o libros usados.

Sin embargo, hacia finales del siglo pasado el único profesor que ingresó al país con una formación sólida en astronomía fue el suizo Juan Rudín. De él se dice que tomó parte muy activa en las conferencias públicas en la Universidad de Basilea cuyas principales disertaciones versaron sobre astronomía. Hizo muchas observaciones con su telescopio particular y realizó importantes publicaciones de sus dibujos y formaciones lunares, de planetas y de las manchas solares en el periódico *Sirio*, cuyo redactor era el selenógrafo Klein, quien declaró que sus dibujos eran dignos de ser comparados con los mejores trabajos selenógrafos publicados hasta el día.

En Costa Rica, Juan Rudín estableció un observatorio popular poniendo a disposición del público un telescopio en días y noches determinadas. La concurrencia a estas observaciones fue siempre numerosa. Obedeciendo a insinuaciones particulares él fundó la Sociedad para astronomía. Influenció el estudio de la Cosmografía, sobre todo con su monografía *La Cosmografía en la Escuela Primaria* que sería un texto de primer orden para escuelas y colegios; escrito bajo un plan completamente distinto del seguido ordinariamente. Se fundamentaba en la observación de nuestro cielo y se parte de él, para dar las nociones interesantes, todo en lenguaje sencillo para que nadie dejara de entender. Contribuyó a divulgar mucho entre nuestros antepasados los conocimientos de Cosmografía, como lo apuntamos, y su telescopio particular estuvo siempre listo para complacer a los aficionados a hacer observaciones. Entre sus obras están:

- *La Luna: dibujo de nuestro satélite*,
- *El Cometa Halley*, folleto muy conocido y reproducido.

El telescopio de don Juan Rudín, usado por muchos costarricenses en noches estrelladas, le fue cedido al sobrino suyo señor Bravo Rudín, de la Casa del Tornillo. A instancias de don Rafael Obregón Loría y, gracias a la ayuda de algunos de sus alumnos del Liceo de Costa Rica, éste instrumento fue reparado y cedido al mismo Liceo por voluntad expresa del señor Bravo Rudín, para que fuera usado por los estudiantes.

Hay dos reportajes en la Revista de Costa Rica: el primero en marzo de 1923 sobre el eclipse de Luna del 2 de marzo de ese año y la teoría de Danjon del autor costarricense Ricardo Fernández Peralta, fundador del Instituto Geográfico Nacional, 1944. Director del mismo 1945-1948 y el segundo sobre el eclipse de Sol del 10 de setiembre del mismo año, comentado también por Ricardo Fernández Peralta, quien aparentemente sentía atracción por los estudios astronómicos.

Sin embargo, la única manifestación visible de interés astronómico es el denominado Reloj de Sol de la Fábrica Nacional de Licores. Dicho reloj esta ubicado en la esquina sudeste del edificio de la Fábrica Nacional de Licores en San José. Se halla colocado a un lado del Portalón de estilo islámico, labrado en piedra de las canteras de Pavas por picapedreros costarricenses. Para el mismo se tomó como modelo el Puente de Alcántara de la ciudad de Toledo en Castilla la

Nueva, España. Como único adorno descuella en el frontón el escudo nacional, tallado en bloque de una sola pieza, con peso de una tonelada. El Reloj de Sol es del mismo material del portalón, aún cuando al mismo se agregó la piedra del mollejo. Dos escultores conocidos, don Juan Manuel Sánchez y don Néstor Zeledón, esculpieron los signos zodiacales y el ingeniero don Samuel Sáenz (1892-1964) realizó los cálculos de corrección y demás datos de latitud, declinación, longitud, etc. de la ciudad de San José. La obra se realizó en el año 1941 y tuvo un costo de 1.050 colones y fue sufragada por la Fabrica Nacional de Licores. Esta información, así como el grabado del Ing. Samuel Sáenz nos fue cedido a nuestro pedido por la familia Sáenz; quienes a su vez le solicitaron a don Carlos Meléndez hiciera un estudio histórico acerca del Ing. Sáenz.

Con la fundación de la Universidad de Costa Rica el panorama apuntado, al menos en astronomía no cambia, aún en las décadas de los 40, 50 y 60. En el folleto publicado por la Facultad de ciencias y Letras sobre el Departamento de Física y Matemáticas de la UCR., en setiembre de 1967 se esbozan los programas para el profesorado y bachillerato en Física, lo mismo en Matemáticas y de algunas especialidades de bachillerato en Meteorología y Electrónica. En ninguno de ellos se establece como curso básico la astronomía, v.g., ni de instrumentales ópticos que podrían haber incentivado el campo. Ya a principios de los setenta se empiezan a enseñar aspectos básicos en relatividad y en el curso de repertorio universitario (curso muy básico de aspectos astronómicos), Fundamentos de astronomía. Nuevamente esto nos viene a reafirmar que hasta estos años se mantuvo la tónica que viene desde la primera década este siglo; los aspectos astronómicos, ni que decir de la astrofísica, hay que adquirirlos fuera de los currículos de la carrera de Física ó Matemática.

Después de esos años el avance ha sido sustancial en la Universidad de Costa Rica. Por sobre todo con el fortalecimiento y aparición de la Escuela de Física y a la sistemática formación de docentes e investigadores fomentado por la Universidad, en diferentes disciplinas, pero particularmente en la astrofísica y que ha logrado atraer a un grupo selecto de astrofísicos que son los que participarían en el programa de Maestría en Astrofísica.

Resulta interesante el llamar la atención que el desarrollo del internet en el mundo ha sido impulsado por los astrofísicos, astrónomos y físicos. Costa Rica no es la excepción. Ello se ha debido a la necesidad de ésta comunidad de científicos a establecer la comunicación en línea para disponer de la información sobre experimentos y su correspondiente data para analizarla en el momento mismo en que se está tomando. Nuestro país dio un salto cualitativo y cuantitativo importante al introducir, primeramente el bitnet, que no era más que una transmisión de correo electrónico, más o menos pasivo, hasta llegar al internet que corresponde a una interacción dinámica entre los científicos.

¿Por qué es importante? Bien, gran parte de esa información de data actual está en buena parte disponible para quienes puedan accederla, a manera de ejemplo, las bases de datos de la NASA, están disponibles para quienes desean

hacer investigación espacial y poder así colaborar con propuestas específicas en proyectos más ambiciosos que los que podríamos hacer como país, excluyendo de eso aspectos universitarios particulares. Otro aspecto es el de acceso a la bibliografía. Así, el proyecto Stellar de la International Astronomical Union permite acceder en línea las principales revista del campo, para hacer las búsquedas bibliográficas, traer e imprimir los artículos más importantes que aparecen en una determinada investigación, de una forma más eficiente que la que disponen nuestras bibliotecas universitarias. Eso implica que el aspecto bibliográfico, tan deficiente en otras áreas del saber, por lo incompleto de las colecciones de revistas y libros, es solventado en un 80% por el INTERNET, al cual tenemos acceso desde 1991. Tomando en cuenta éste aspecto tan importante en la configuración de una carrera universitaria en el nivel de Maestría, está en buena parte solucionado.

Ahora tratamos de canalizar las aspiraciones de una nueva generación de jóvenes docentes doctores en astrofísica, graduados de las mejores universidades básicamente de América y Europa, así es como planteamos en éste documento la apertura de ésta nueva opción de profesión con la apertura de la Maestría y Doctorado en astrofísica. La Maestría en astrofísica viene a cimentar las bases para el Doctorado en la disciplina. De ahí que ambos programas sean presentados en este documento. Pretendemos que se otorgue le título de Magister Scientae en Astrofísica. Varias tesis de Maestría en Física han tratado de temas de Astrofísica, las cuales son las siguientes:

- Radiación en Estrellas Pulsares: (tesis presentada, 1983).
- Astrometría del Sistema Solar: (hay una Tesis que ganó el PREMIO TWAS (Third World Academy of Science).
- Procesos de Radiación Cuánticos en Espacios Curvos: (hay una tesis sobre el tema, 1989).
- Plasmas astrofísicos del Sol: (hay una tesis en 1994).
- Visualización de Lentes Gravitacionales: (Tesis por presentar, 1999).

En esos campos, de los cuales surgen estos trabajos, hemos notado cierta deficiencia en la formación del profesional, sobre todo por el enfoque que surge de la Maestría en Física y del Programa de Posgrado en Ciencias Atmosféricas. La primera orientación está muy sesgada a aspectos más formales que prácticos, y la segunda rompe con el esquema teórico práctico, no siendo apta para los aspectos de una profesión tan ágil y cambiante como lo es la astrofísica, además, su enfoque es de utilización de la física clásica, que para la astrofísica es insuficiente, ya que aspectos cuánticos juegan un papel importante en la resolución de su problemática. El marco de nuestra Maestría en Astrofísica rompe el marco de lo establecido, no para mal, sino para dar un paso trascendental en el avance de ésta importante rama de la ciencia, complementando así, las opciones ya existentes en el campo de la Física como un todo. "

2.2 Objetivos del plan de estudios

Los objetivos de la Maestría en Astrofísica son los siguientes:

- Formar investigadores y docentes al más alto nivel profesional en el campo de la Astrofísica, con particular énfasis en los campos apuntado en el párrafo anterior.
- Contribuir significativamente al desarrollo de los estudios en Astrofísica, tanto a nivel nacional, como internacional, creando las condiciones apropiadas para el intercambio de investigadores del área.
- Fomentar la reflexión crítica sobre el presente y el pasado de la sociedades centroamericanas con una perspectiva interdisciplinaria y dentro de los cánones más rigurosos de calidad científica.

2.3 Perfil profesional

Conocimientos:

El graduado del Posgrado propuesto tendrá conocimientos en los siguientes aspectos:

- Dominio cognoscitivo en la disciplina de la astrofísica como un todo.
- Los procesos de radiación en entes estelares compactos.
- Los aspectos relevantes de la Teoría General de la Relatividad y los problemas cosmológicos asociados a ella.
- Los procesos magnetohidrodinámicos, sobre los rayos cósmicos y su interacción con la Tierra, para un mejor entendimiento de los procesos físicos que subyacen en el Sol, estrellas, galaxias, etc.
- Métodos numéricos en arquitectura de ordenadores, tanto serial como en paralelo.
- Dominio de los instrumentos y las técnicas para la toma de datos solares y formular fenómenos explicativos de estos fenómenos.

Habilidades y destrezas

- Analizar y sintetizar propuestas científicas válidas en nuestro entorno.

- Delinear problemas prioritarios y construir estrategias de búsqueda de soluciones.
- Plantear problemas de astrofísica y buscar soluciones
- Discernir sobre los avances de la astrofísica y su relevancia frente al futuro de la disciplina.
- Desarrollar la semántica propia de la disciplina para formular propuesta coherentes de investigación científicamente fundamentada, tanto teórica como experimentalmente.
- Usar los métodos experimentales en astrofísica.
- Utilizar los instrumentos ópticos y computadores para la toma de decisiones para la toma de decisiones de datos astrofísicos.

Actitudes

- Solidaridad y respeto hacia quienes han hecho posible el desarrollo de la disciplina y buscar a través de ella el beneficio de la mayoría.
- Pensamiento crítico y análisis riguroso profundo y propio de los problemas científicos.
- Honestidad y generosidad dentro de la disciplina, sin menoscabo de los alcances científicos logrados por otros.
- Compartir, distribuir, extender e impulsar los logros alcanzados para informar y motivar al país de los avances científicos alcanzados.

2.4. Requisitos de ingreso

Se establece como requisito de ingreso el Bachillerato en Física. También se admitirá a estudiantes de otras carreras, como Ingeniería o Matemática, quienes deberán aprobar los cursos de nivelación que la Comisión de Posgrado les señale. Todos los solicitantes de ingreso deberán cumplir con los requisitos que establece el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica.

2.5. Plan de estudios, programas, duración y requisitos de graduación

La modalidad de la maestría es centrada en la investigación. La maestría tiene una duración de cuatro ciclos lectivos y consta de las siguientes actividades:

- Cuatro cursos de dos créditos.
- Ocho cursos de tres créditos.
- Una investigación con un valor de treinta y un créditos, dividida en una actividad de Coloquios astrofísicos de un crédito, tres seminarios de un crédito cada uno, dos monografías de investigación de dos créditos cada una, dos investigaciones dirigidas de tres créditos cada una, dos investigaciones de tesis de cinco créditos cada una y la presentación de la tesis con un valor de seis créditos.

El total de créditos es de sesenta y tres. El número de créditos se ajusta a lo establecido en el *Convenio para crear una nomenclatura de Grados y Títulos de la Educación Superior*.

Los programas de los cursos se presentan en el Anexo B. Para graduarse el estudiante debe aprobar todas las actividades del plan de estudios.

3. Acreditación de la Escuela de Física

Cuando se establecen posgrados nuevos en una unidad académica se utiliza lo establecido en el documento *Metodología a emplear en el estudio de carreras de posgrado* (OPES-22/78). Esta metodología toma en cuenta el personal docente de la unidad académica, la experiencia de dicha unidad en programas de grado y posgrado, la asistencia técnica y las facilidades de investigación y de estudio.

La Escuela de Física será la unidad base del Programa de Maestría propuesto. Dado que la unidad académica base ofrece en la actualidad la Maestría en Física, la Especialidad en Meteorología y la Maestría en Ciencias Atmosféricas, no se realizará la acreditación de la unidad académica, pero se expondrán la

experiencia de la Escuela de Física y las facilidades de investigación con que contaría el Programa propuesto.

3.1 Experiencia de la unidad académica

En 1957 se funda el Departamento de Física y Matemática, adscrito a la Facultad de Ciencias y Letras, el cual ha ofrecido la carrera de Física y colabora con cursos de servicio de otras carreras de la Universidad. En conjunto con la Facultad de Educación se ha ofrecido la carrera de Enseñanza de la Física y se ha colaborado con la carrera de Enseñanza de las Ciencias. En 1973 se transforma en Escuela de Física y la Maestría en Física se crea en 1973. En 1993 se abre la Especialidad en Meteorología y en 1994 se crea la Maestría en Ciencias Atmosféricas.

3.2 Facilidades de investigación

Los estudiantes del Programa propuesto tendrán el apoyo del Sistema Integrado de Bibliotecas, Documentación e Información de la Universidad de Costa Rica, la cual cuenta con la mejor colección de libros en el país en astrofísica. Además, tienen las siguientes revistas especializadas:

- Astronomical Journal (desde 1985).
- Astronomichescii Zhurnal (ruso) (1960-63 y desde 1969).
- Annual Review of Astronomy: (desde 1982).
- Space Science Review: (desde 1989).
- Icarus : International journal of solar system studies: (E.U.A.) (desde 1980).
- Physical Review A: General Physics (desde 1970).
- Physical Review C: Condensed Matter (desde 1970).
- Physical Review D: Particle Physics (desde 1970).
- Physics Review Letters (E.U.A.) (de 1958 a 1961 y desde 1963).
- Physics Letters A: Physics. (desde 1977).
- Physics Letters B: Nuclear Physics and Particle Physics (desde 1977).
- Journal of Physics A. Mathematical and General (Inglaterra) (1985-1986,1990-1994).

- Journal of Physics B. Atomic and Molecular Physics (Inglaterra) (1985-1986,1990-1994).
- Journal of Physics G. Nuclear Physics (Inglaterra) (1985-1986,1990-1993)
- Nuclear Physics. (Holanda): Sec.A:1971,1974-92-presente, Sec.B:Particle Physics, desde 1973.
- Nuovo Cimento della societa italiana di fisica: Serie B:General Physics, Relativity, astronomy and mathematical physics and methods.1977-91).
- Optics and spectroscopy (E.U.A.) (1980-91).
- Physica: Non linear phenomena (Holanda).1980-92).
- Physics Reports.Physics Letters.Sec.C (Holanda) 1977-92).
- Planetary and Space Science (E.U.A.) (1980-92).
- Proceedings of the Royal Society of London (Inglaterra) (1943-54,1963-91).
- Journal of Mathematical Physics (E.U.A.) (1962-92).
- Zeitschrift fuer Physik A: Atoms and Nuclei (Alemania) (1977-91).
- Zeitschrift fuer Naturforschung. (Alemania) (1963-91).
- Science (E.U.A.) (1939-94).
- Nature (Inglaterra) (1934-39 y desde 1954).
- Review Modern Physics (Inglaterra) (desde 1936).
- Soviet Journal of Nuclear Physics (E.U.A.) (1980-92).
- Soviet Physics: Doklady (E.U.A.) (1980-92).
- Soviet Physics: J.E.T.P. (E.U.A.) (1980-92).
- Soviet Physics: Uspekhi (E.U.A.) (1980-92).
- IEEE transactions on Plasma Science (desde 1975)
- Computer Physics Communications (Holanda) (desde 1978).
- Fortschritte der Physik (Alemania) (desde 1977).
- Computer Graphics (E.U.A.) (desde 1985).
- IEEE Computer graphics and applications (E.U.A.) (desde 1981)
- Mathematics of Computation (E.U.A.) (desde 1961).
- SIAM Journal on Numerical Analysis (E.U.A.) (desde 1964).
- Annual Review of Earth and Planetary Sciences. (desde 1976).

- Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America (E.U.A.) (1985-89 y desde 1991).

También los estudiantes tendrán acceso en línea a las siguientes revistas:

- Astrophysical Journal
- Astrophysical Journal Letters
- Astronomical Journal
- Astronomy and Astrophysics
- Baltic Astronomy
- Monthly Notices of the Royal Astronomical Society
- Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica
- Publications of the Astronomical Society of Australia.
- Publications of the Astronomical Society of Japan.
- Publications of the Astronomical Society of the Pacific.
- Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso.
- Bulletin of the Astronomical Society of India.

Infraestructura computacional

La Escuela de Física cuenta con la siguiente infraestructura computacional:

- Conglomerado de estaciones de trabajo Vax-3100: 4 lugares de trabajo
- Estación de trabajo Alpha de Digital
- Microcomputadora Intel-386.
- Dos microcomputadoras Pentium de 133 Mhz.
- Microcomputadora multiusuario de Data General: 4 lugares de trabajo
- Televisor Sony de 29 pulgadas para Visualización.
- Impresora Laser Hewlett-Packard.
- Impresora de puntos de carro ancho.
- Acceso en línea a INTERNET.
- Compiladores para FORTRAN 77, FORTRAN 90, C, PASCAL de Digital
- Compilador FORTRAN para procesamiento en PARALELO

- Compilador C++, version NT
- Compilador FORTRAN de WATCOM
- Compiladores de FORTRAN y PASCAL de DATA GENERAL
- Sistemas Algebraicos Computacionales: REDUCE, MAPLE, OVEJA, SHEEP.
- MIDAS; Munich Image Data Analysis System
- Sistema de graficación científica: PICASSO, ERLGRAPH, GNUPLOT.
- Librería Científica NAG de acceso on line: (Numerical Algorithm Group)
- Base de Datos Completa del International Ultraviolet Explorer: IUE.
- FITS: Flexible Image Transort System
- Open GL libreria de graficación en C, tanto para Alpha como para Silicon Graphics.
- PVM: Paralell Virtual Machine.

Laboratorios:

Los estudiantes podrán trabajar en el Laboratorio de Aplicaciones Astrofísicas, ubicada en el campus Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica. Para la realización de pruebas, se cuenta con detectores de yoduro de silicio para la captación de la radiación cósmica proveniente del Sol, con la finalidad de una sistematización en la obtención de dicha información básica para estudios de interacción entre el Sol y la Tierra y sus efectos sobre la biosfera terrestre. La colaboración con el Laboratorio de Física Nuclear Aplicada de la Universidad de Costa Rica se lleva a cabo para la cuenta de los eventos cósmicos y la sistematización de la base de datos sobre el tema y será de gran utilidad como complemento experimental en el curso procesos de radiación en Astrofísica. Adicionalmente, se contará con un telescopio refractor de 18 cm. de diámetro.

Proyectos de investigación en astrofísica

Existen varios proyectos de varios años de duración apoyados por la Vicerrectoría de Investigación, los cuales son lo siguientes:

- Radiación en Entes Estelares Compactos
- Visualización

- Cluster de Ordenadores en Paralelo para Visualización Científica.
- Conexión Sol-Tierra.

Observatorio Astrofísico Solar

Espera inaugurarse pronto el Observatorio Astrofísico Solar (OASI) que estará ubicado en la cima del Volcán Irazú a 3432 m. de altura. Desde ahí se estudiará la aparición y desaparición, en la líneas alfa del hidrógeno y del calcio, de filamentos solares, y su influencia sobre la Tierra.

4. Características del personal docente del programa propuesto

Los requerimientos mínimos establecidos en CONARE para el personal docente en posgrados, son los siguientes:

- El personal académico debe poseer al menos el nivel académico del posgrado que se desea ofrecer, debidamente reconocido y equiparado.
- El proceso de reconocimiento y equiparación no se exigirá a los profesores visitantes, mientras permanezcan en esa condición, nombrados según la reglamentación establecida para este tipo de profesores por la institución contratante.
- Los profesores del posgrado deben tener una dedicación mínima de un cuarto de tiempo.
- Para desarrollar un programa de posgrado, la institución universitaria deberá establecer un mínimo, como base, de cinco profesores a medio tiempo.

En el Anexo C se indica el título y grado del diploma respectivo de posgrado de cada uno de los profesores del Programa propuesto. Según la Escuela de Física, todos los profesores podrían impartir cualquiera de los cursos del plan de estudios. Todas las normativas vigentes se cumplen.

5. Financiamiento para el programa propuesto

Se requiere de 2 tiempos completos docentes por ciclo lectivo para impartir los cursos y atender a los estudiantes en la tutoría de tesis. Estos recursos los aportará la Escuela de Física por medio de reasignación interna de plazas. No se requerirá de recursos materiales adicionales para el desarrollo del Programa de Maestría; sin embargo, se buscarán recursos adicionales por medio de cooperación internacional, una vez que sea aprobado el Programa.

6. Conclusiones

- El total de créditos del plan de estudios, así como el número de ciclos lectivos cumplen con las normas establecidas en el *Convenio para crear una nomenclatura de grados y títulos de la Educación Superior* y al *Convenio para unificar la definición de crédito en la Educación Superior*.
- La solicitud de apertura cumple con los requisitos establecidos en el Fluxograma para la creación de nuevas carreras, aprobado por el Consejo Nacional de Rectores.

7. Recomendaciones

Con base en las conclusiones del presente estudio, se recomienda lo siguiente:

- Que se autorice a la Universidad de Costa Rica, Escuela de Física, para que imparta la Maestría en Astrofísica.
- Que la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES) realice una evaluación del posgrado que se recomienda autorizar después de cinco años de iniciado. Se recomienda que la Universidad de Costa Rica efectúe evaluaciones sistemáticas durante el desarrollo de la carrera.

ANEXO A

**PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA
EN ASTROFÍSICA**

ANEXO A

PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN ASTROFÍSICA

<u>NOMBRE DEL CURSO</u>	<u>CRÉDITOS</u>
<u>Primer semestre</u>	<u>15</u>
Mecánica celeste	2
Electrodinámica cuántica	3
Coloquios astrofisicos	1
Estructura estelar y evolución	3
Seminario I	1
Investigación dirigida I	3
Monografía de la investigación I	2
<u>Segundo semestre</u>	<u>15</u>
Aproximaciones posnewtonianas	3
Magnetohidrodinámica	3
Métodos numéricos avanzados	3
Seminario II	1
Investigación dirigida II	2
Monografía de la investigación II	3
<u>Tercer semestre</u>	<u>16</u>
Procesos radiativos en astrofísica	3
Investigación de tesis I	5
Seminario III	1
Problemas actuales de la astrofísica	2
Laboratorio de física solar	3
Optativo	2
<u>Cuarto semestre</u>	<u>17</u>
Problemas especiales de cosmología	2
Investigación de tesis II	5
Seminario IV	1
Laboratorio de análisis de datos astronómicos y de espectros estelares	3
Tesis	6
<u>Total de créditos de la Maestría</u>	<u>63</u>

ANEXO B

**PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA
EN ASTROFÍSICA**

ANEXO B

PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN ASTROFÍSICA

Nombre del curso: **MÉCANICA CELESTE**

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se ofrece una exposición sistemática de las preguntas esenciales de la mecánica celeste, del movimiento de los cuerpos celestes, sus leyes y la astrometría y sobre la construcción y elaboración de efemérides dinámicas más exactas.

Contenido:

- Elementos newtonianos de la mecánica celeste.
- Principios básicos de la Teoría General de la Relatividad(TGR).
- Campo gravitacional débil. Problema de cantidades medibles en TGR.
- Propagación de la luz en el problema de Schwarzschild.
- Soluciones aproximadas de las ecuaciones, tanto de campo, como del movimiento: problema de N-cuerpos.
- Ecuaciones de movimiento de los cuerpos del Sistema Solar. Movimiento de los planetas mayores. Movimiento de la Luna.
- Reducción relativista de las medidas astrométricas.

Bibliografía:

Brumberg, V.A., 1981, **Reference Coordinate Systems for Earth Dynamics**, Reidel, Dordrecht.

Brumberg, V.A., 1998, **Essential Relativistic Celestial Mechanics**, Birkhaeusuer, Germany.

Brucerus, H., **Himmelsmechanik, Bd.I y .II**, 1966, Hochschultaschenbücher-Verlag, Mannheim.

Danby, J.M.A., **Fundamentals of Celestial Mechanics**, 1962, Dover, New York.

Stumpff, K., **Himmelsmechanik, Bd.I y II**, 1959, Akademie Verlag, Berlin.

Smart, W.M., **Text-Book on Spherical Astronomy**, 1962, Cambridge Press, Cambridge.

Nombre del curso: ELECTRODINÁMICA CUÁNTICA

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso el estudiante aprenderá a dominar los elementos básicos de la electrodinámica cuántica, conocerá una formulación coherente de la electrodinámica cuántica y extensiones a otras formulaciones más generales.

Contenido:

- Análisis de la ecuación de Klein-Gordon.
- La ecuación de Dirac.
- La función de Green, teoría de scattering, formulación por matriz S.
- Aplicaciones astrofísicas.
- Teoría del acople mínimo entre el campo electromagnético: segunda cuantización.
- Formulación funcional de la electrodinámica cuántica.
- Extensión a otras teorías de partículas.

Bibliografía:

Schwinger, J., Quantum Electrodynamics, 1958, Dover Publications, New York.

Berestetski, Lifchitz, E., Pitayevski, Relativistische Quantum Theorie, 1989, Akademie Verlag, Berlin.

Källén, G., Quantum Electrodynamics, 1972, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, New York.

Bjorken, J.D., Drell, S.D., Relativistic Quantum Mechanics and Relativistic Quantum Fields, 1965, McGrawHill, New York.

Rafael, E. de, Lectures on Quantum Electrodynamics, 1977, Universidad de Barcelona, Barcelona.

Nombre del curso: COLOQUIOS ASTROFÍSICOS

Número de créditos: 1

Descripción:

Este curso introduce y motiva al alumno en la investigación sobre problemas actuales en la astrofísica y trata de que, a la luz de nuevos datos experimentales se discutan los temas más actuales, en presencia de un grupo de investigadores conocedores del campo. Este coloquio se planea de acuerdo con los avances de la Astrofísica y sus nuevas teorías, perspectivas y observaciones.

Contenido:

- Problemas de radiación en entes estelares compactos.
- Problemas actuales de la cosmología.
- Problemas sobre la estructura galáctica y extragaláctica.
- Problemas de la astronomía del ultravioleta..
- Problemas de la astrofísica de rayos X y gamma.
- Nuevos descubrimientos.

Bibliografía:

Números actuales del Astronomy and Astrophysics.

Números actuales del Astrophysics Journal.

Números actuales del Monthly Notices of the Royal.

Números actuales Astrophysics Journal Letters.

Preprints <http://xxx.lanl.gov>

ADS Abstract Service.

Jenkins, F.A. and White, H.E., X-ray Astronomy, 1981, Faber and Faber, London.

Ostlie, D.A. and Carroll B.W., An Introduction Modern Stellar Astrophysics, 1996, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Mass.

Nombre del curso: **ESTRUCTURA ESTELAR Y EVOLUCIÓN**

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se intenta lo siguiente:

- Entender la Física de la estructura de las estrellas y su cambio en el tiempo.
- Adquirir los conocimientos sobre los espectros estelares.
- Relacionar espectros estelares con la formación de las estrellas.
- Efectuar extensiones a otras configuraciones de estrellas.

Contenido:

- Gas ideal con radiación.
- Ionización.
- Gas degenerado de electrones. Ecuación de estado de materia estelar.
- Clasificación y estructura de los espectros estelares.
- Ecuación de Boltzmann y de Saha.
- Transporte de energía y termodinámica de las estrellas.
- Equilibrio hidrostático y la aproximación politrópica.
- Opacidad y presión de radiación.

- Procesos nucleares, estructura estelar y evolución.
- Procesos degenerados de soporte estelar,
- Estrellas enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros.

Bibliografía:

Aller Lawrence H., The Atmospheres of the Sun and Stars, 1963, Ronald Press, New York.

Böhm-Vitense, Erika, Stellar Astrophysics, Volumen 2: Stellar atmospheres, 1989, Cambridge University Press, Cambridge.

Rybicki, G.B, and Lightman, A.P., Radiative Processes in Astrophysics, 1979, John Wiley and Sons, New York.

Novotny, Eva, Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors, , Oxford University Press, New York.

Kippenhan,R,and Weigert,A., Stellar Structure and Evolution, 1990, Springer-Verlag, Berlin.

Barnes, C.A., Clayton,D.D., Schramm, D.N., Essays in Nuclear Astrophysics, , Cambridge University Press, Cambridge, 1982.

Clayton,D.D., Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis, 1968, McGrawHill, New York.

Nombre del curso: SEMINARIO I, II y III

Número de créditos: 1

Descripción:

Este curso intenta lograr que el estudiante sea capaz de presentar ante un público especializado una conferencia sobre tópicos particulares y actualizados sobre Astronomía en los diferentes ámbitos del espectro electromagnético.

Bibliografía:

Números actuales del Astronomy and Astrophysics.

Números actuales del Astrophysics Journal.

Números actuales del Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

Números actuales Astrophysics Journal Letters.

Preprints <http://xxx.lanl.gov>

ADS Abstract Service.

Nombre de la actividad: INVESTIGACION DIRIGIDA I y II

Número de créditos: 3

Descripción:

Al terminar el curso, el estudiante dominará los procedimientos más usuales en la investigación científica, demostrará independencia de criterios al analizar la tarea impuesta como trabajo de investigación y demostrará madurez, solidez y creatividad en el análisis del problema de investigación.

Contenido:

- Resolver uno de los problemas más actual de la Astrofísica.
- Hacer un recuento de sus avances sobre el tema en forma consistente y verificable.
- Extender y formular opciones de resolución del problema planteado.
- Estudiar pormenorizadamente la literatura sobre el tema.
- Someter sus resultados a una revista científica de reconocido prestigio.
- Exteriorizar las posibles extensiones del trabajo.

Bibliografía:

Números actuales del Astronomy and Astrophysics.

Números actuales del Astrophysics Journal.

Números actuales del Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

Números actuales Astrophysics Journal Letters.

Preprints <http://xxx.lanl.gov>

ADS Abstract Service.

Nombre de la actividad: MONOGRAFÍA DE INVESTIGACION I y II

Número de créditos: 2

Descripción:

Este curso tiene como objetivo que los estudiantes dominen las técnicas de escritura de trabajos científicos, que expresen por escrito los procedimientos relevantes del trabajo investigativo y que demuestren madurez, solidez y creatividad en la exposición escrita del análisis del problema investigativo.

Contenido:

- Presentar en forma escrita los resultados de la investigación.
- Dejar un recuento escrito de sus avances sobre el tema investigativo en forma consistente y verificable.
- Debe dejar constancia de la literatura previa, debe ser una revisión exhaustiva de la misma.
- Exteriorizar las posibles extensiones del trabajo.

- Debe dejar claramente establecido cual ha sido su procedimiento de resolución del problema.
- Conclusiones claras a las que se llegan y compararlas con otros autores.

Bibliografía:

Números actuales del Astronomy and Astrophysics.
 Números actuales del Astrophysics Journal.
 Números actuales del Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.
 Números actuales Astrophysics Journal Letters.
 Preprints <http://xxx.lanl.gov>
 ADS Abstract Service.

Nombre del curso: APROXIMACIONES POST-NEWTONIANAS

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se obtiene una buena capacitación en el área de la astrometría y un fortalecimiento de su conocimiento sobre problemas fundamentales de la Astronomía de posición, con resultados y efectos relativistas ya obtenidos. Se comprobará que en esta aproximación el formalismo de la teoría general de la relatividad no es más complicado que cualquier otro marco de trabajo de la física clásica, v.g. Electromagnetismo.

Contenido:

- Revisión del espacio-tiempo newtoniano y relativista
- Fundamentos de la Teoría Post-Newtoniana
- El cuadro del fluido ideal.
- Teoría de los marcos de referencia.
- Astrometría. Satélites posicionales.
- Movimiento de cuerpos de prueba.
- Ecuación de Einstein-Infeld-Hoffmann.

Bibliografía:

Strautmann, N., 1988, Allgemeine Relativitätstheorie und relativistische Astrophysik, Lectures Notes in Physics, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
 Misner, C.W., Thorne K.S., Wheeler J.A. Gravitation, 1973, W.H. Freeman Co., San Francisco
 Weinberg, S., 1972, Gravitation and Cosmology, John Wiley, New York.

Will, C., 1981, Theory and Experiment in Gravitational Physics, Cambridge University Press, Cambridge.

Brill D. y Wheeler J.. Interacción del Neutrino con el campo gravitacional, en el libr.: Problema resientes de la gravitación. M.: "IL", 1961, p. 381.

Brumberg, V.A., 1981, Reference Coordinate Systems for Earth Dynamics, Reidel, Dordrecht.

Fock V. A., 1964, The Theory of Space, Time and Gravitation, Pergamon, New York.

Soffel, M. H., 1989, Relativity in Astrometry, Celestial Mechanics and Geodesy, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Soffel, M. H., 1990, Lectures Notes on Post-Newtonian Theory, Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.

Brumberg, V.A., 1998, Essential Relativistic Celestial Mechanics, Birkhaeusuer, Germany.

Nombre del curso: MAGNETOHIDRODINÁMICA

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se utiliza la herramienta magnetohidrodinámica para comprender diversos fenómenos cósmicos, se comprende en detalle los fenómenos donde el plasma juega un rol importante y se aplica la teoría a modelos particulares de estrellas.

Contenido:

- Ecuaciones de la electrodinámica.
- Ecuaciones de los fluidos. Ecuación de Movimiento. Ecuación de energía. Resumen de las ecuaciones de la magnetohidrodinámica. Resultados generales.
- Las aproximaciones magnetohidrodinámicas y su validez en astrofísica.
- Ecuación de inducción. Límite de difusión. Teorema de las líneas enfriadas.
- Concentración cinemática del campo. Método de las características.
- Se estudian las ondas magnetohidrodinámicas: sonido, onda de Alfvén, ondas de choque, ondas magnetoacústicas.
- Reconexión magnética y sus aplicaciones.
- La aproximación magnetohidrodinámica y su validez en Astrofísica.

Bibliografía:

Kirk, J.G., Melrose, D.B., Priest, E.R., Plasma Astrophysics, 1994, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

Tandberg-Hanssen, E., Solar Prominences, 1974, D.Reidel, Dordrecht, Holland.

Bekeffi, G., Radiation Processes in Plasmas, 1966, John Wiley and Sons, New York.

Benz, A.O., Plasma Astrophysics, 1993, Kluver Academic Publishers: Dordrecht, Holland.

Lifshits, E.M., Pitaevskii, L.P., Physical Kinetics, 1981, Pergamon Press, Oxford.

Michel, F.C., Theory of Pulsars Magnetospheres, 1991, University of Chicago Press, Chicago.

Stix, T.H., The Theory of Plasma Waves, 1962, McGrawHill, New York. 8

Baumjoham, W. and Treumann, R.A., Basic Space Plasma Physics, 1996, World Scientific Publ., U.K..

Treumann R.A., Baumjoham, W., Advanced Space Plasma Physics, 1997, World Scientific Publ., U.K..

Nombre del curso: MÉTODOS NUMÉRICOS AVANZADOS

Número de créditos: 3

Descripción:

El estudiante aprenderá a dominar y utilizar los métodos numéricos a problemas astrofísicos, adquirirá un dominio de los lenguajes computación FORTRAN y C y podrá formular algoritmos numéricos y esquemas de cálculo.

Contenido:

- Uso de las bibliotecas NAG (Numerical Algorithm Group) en FORTRAN.
- Uso de las bibliotecas Netlib, tanto FORTRAN como en C.
- Uso de las bibliotecas del CERN (Centre de la Recherche Nucleaire) en FORTRAN.
- Implementación de algunas de la rutinas con algoritmos en paralelo.
- Utilización de la visualización en paralelo.
- Paradigmas de la programación en paralelo
- Primitivas para el message-passing.
- Lenguajes para la data en paralelo.

Bibliografía:

Biblioteca NAG.

Biblioteca CERN.

Biblioteca Netlib y otras.

Números actuales Computers in Physics.

Lester, B.P., The Art of Parallel Programming, 1993, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Carriero, N. and Gelernter D., How to Write Parallel Programs, 1990, MIT Press, Cambridge, MA.

Brawer, S., Introduction to Parallel Programming, 1989, Academic Press, Boston, MA.

High Performance Fortran Forum, High Performance Fortran Language Specification, 1993.

Hatcher, P.J. and Quinn, M.J., *Fort Data-Programming*, 1991, Scientific and Engineering Computation Series, MIT Press, Cambridge, MA.

Nombre del curso: PROCESOS RADIATIVOS EN ASTROFÍSICA

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se tratará lo siguiente:

- Fundamentar los procesos de radiación electromagnética.
- Asociar dichos procesos a entes estelares.
- Estudiar los procesos de transferencia radiativa.

Contenido:

- Fundamentos de la transferencia radiativa.
- Teoría de campos de radiación.
- Radiación de partículas en movimiento.
- Proceso del Bremsstrahlung.
- Efecto Compton.
- Creación y aniquilación de pares electrón-positrón.
- Procesos de orden superior de relevancia en Astrofísica.

Bibliografía:

Tucker, W.H., *Radiation Processes in Astrophysics*, 1975, MIT Press, Cambridge, MA.

Toll, J.S., *The Dispersion Relation for Light and Its Implications to Problems Involving Electron Pairs*, Dissertation 1952, Princeton University.

Sokolov, A.A. and Ternov, I., *Synchrotron Radiation*, 1968, Akademie Verlag, Pergamon Press.

Rybicki, G.B. and Lightman, A.P., *Radiative Processes in Astrophysics*, 1979.

Nombre de la actividad: INVESTIGACION DE TESIS I,II

Número de créditos: 5

Descripción:

Se continúa con el proceso de investigación de las investigaciones dirigidas, con el propósito de terminar en la presentación de la tesis.

Nombre del curso: PROBLEMAS ACTUALES DE LA ASTROFÍSICA

Número de créditos: 2

Descripción:

En este curso el estudiante debe mantener una vigilancia diaria de los avances en la astrofísica a través de INTERNET, recopilar la información relevante a los avances que se dan y analizar y desarrollar su propia iniciativa en el estudio de los avances.

Contenido:

- Mantener una vigilancia sobre los satélites astrofísicos en órbita y que están generando data en los diferentes campos de la Astrofísica.
- Recopilar los avances de los análisis de esos datos en los principales laboratorios del mundo.
- Mantener información actualizada de los avances disponibles, así como su propia versión de los análisis.
- Presentar regularmente informes escritos y conferencias sobre dichos avances.
- Debe indicar las diferentes vertientes del desarrollo astrofísico hasta ese momento.

Bibliografía:

Números actuales del Astronomy and Astrophysics.

Números actuales del Astrophysics Journal.

Números actuales del Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

Números actuales Astrophysics Journal Letters.

Preprints <http://xxx.lanl.gov>

ADS Abstract Service.

Schramm, D.N., The Big Bang and Other Explosions in Nuclear and Particle Astrophysics, World Scientific Publ., U.K.

Hantzen, R.T., Keiser, M. and Ruffini, R., The Seventh Marcel Grossmann Meeting, 1997, World Scientific Publ., U.K..

Kajino, T. and Yoshii, Y., Origin of Matter and Evolution of Galaxies, 1997, World Scientific Publ., U.K..

Nombre del curso: LABORATORIO DE FÍSICA SOLAR

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se tratará que los estudiantes dominen los procedimientos más usuales en el análisis de datos solares y las herramientas computacionales para tal fin, y que se manejen las técnicas de toma de datos y fotografías solares, su estandarización y almacenamiento de dicha.

Contenido:

- Toma diaria de fotografías del Sol con el filtro alfa, tanto con filmes, como con la cámara de CCD.
- Recuento de manchas solares y prominencias, particularmente filamentos solares.
- Observación continua de regiones quietas del Sol.
- Estudio de la granulación solar.
- Comparación, de las fotografías obtenidas con el telescopio solar, con otras de otros observatorios del mundo.
- Estudio del tiempo de formación y desaparición de las llamaradas solares.
- Extensión y ubicación de los filamentos solares.

Bibliografía:

Manual del usuario de la cámara CCD Pictor 416XT del telescopio MEADE de 7', 1998.
IDL, version 5.0, manual de usuario 1997.
Base de datos del Observatorio de Meudon, Francia.
Base de datos del Observatorio Big Bear, USA.
Base de datos fotográfica del Mauna Loa, Hawaii.
Base de datos de: SOHO, Yohkoh, WIND EXPERIMENT.

Nombre del curso: **PROBLEMAS ESPECIALES SOBRE COSMOLOGÍA**

Número de créditos: **2**

Descripción:

En este curso se adquirirá un conocimiento general acerca de la cosmología actual, sus dificultades y sus distintos modelos y se estudiarán los modelos de Friedmann, los modelos cosmológicos inicialmente anisotrópicos, el modelo inflacionario y otros.

Contenido:

- Bases de los modelos cosmológicos.
- Resultados del satélite COBE. Efecto Sachs-Wolf.
- Estabilidad e inestabilidad de sistemas físicos
- Gravitación y teorías de calibración.

- Generalización de las teorías de calibración.
- Modelos anisotrópicos
- Modelos inflacionarios.
- Dificultades experimentales de los diferentes modelos.

Bibliografía:

- Strautmann, N., 1984, General Relativity and Relativistic Astrophysics, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Misner, Ch., Thorne K., Wheeler J., Gravitation, 1973, Freeman, San Francisco.
- Weinberg, S., 1972, Gravitation and Cosmology, Wiley, New York.
- Zeldovich, Ya.B., Novikov, I.D., The Structure and Evolution of the Universe, 1983, University of Chicago Press.
- Peebles, P.J.E., The Large-Scale Structure of the Universe, 1980, Princeton University Press.
- Brink, H.A., Coyne, G.V., 1982, Astrophysical Cosmology, Vatican Publications.
- Balian, R., Audoze, J., Schramm, 1980, Physical Cosmology, North Holland.
- Nash, C. and Shen, S., Topology and Geometry for physicists, 1983, Academic Press, New York.
- Hawking, S.W. and Ellis, G.F.R., The Large Scale Structure of Space-Time, 1973, Cambridge University Press, Cambridge.
- Turok, N., Critical Dialogs in Cosmology, 1997, World Scientific Publ., U.K.
- Ashtekar, A., Lectures on Non-Perturbative Canonical Gravity, 1991, World Scientific Publ., U.K.
- Preprints <http://xxx.lanl.gov>
- ADS Abstract Service.

Nombre del curso: LABORATORIO DE ANÁLISIS DE DATOS
ASTRONÓMICOS Y DE ESPECTROS ESTELARES

Número de créditos: 3

Descripción:

El objetivo de este curso es que los estudiantes dominen los procedimientos más usuales en el análisis de datos astrofísicos y las herramientas computacionales y que comprendan los principios de la estandarización y almacenamiento de información astrofísica.

Contenido:

- MIDAS como herramienta para el análisis de fotografía satelital.
- Dominio de las principales aplicaciones de IDL, para visualizar los datos satelitales.
- Dominio de IRAF para reducir la data de las fotografías satelitales.

- Utilización de las herramientas a problemas espectrales en el ámbito del ultravioleta.
- Utilización de las herramientas a problemas espectrales en el ámbito del infrarrojo.
- Utilización de las herramientas a problemas espectrales en el ámbito de los rayos X.
- Utilización de las herramientas a problemas espectrales en el ámbito de los rayos γ .

Bibliografía:

MIDAS user's manual, Munich, 1993.

IDL, versión 5.0, manual de usuario 1997.

IRAF, manual del usuario, 1992.

Base de datos del IUE (International Ultraviolet Explorer).

Base de datos del IRAS (Infrared Astronomy Satellite)

Base de datos fotográfica del telescopio HUBLE.

Base de datos del WIND EXPERIMENT.

Gesú, V. Di, Duff, M.J.B., Heck, A., Maccarone, M.C. and Scarsi, L., Data Analysis in Astronomy, 1998, World Scientific Publ., U.K..

ANEXO C

**PROFESORES DE LA MAESTRÍA EN ASTROFÍSICA
Y SUS GRADOS ACADÉMICOS**

ANEXO C

PROFESORES DE LA MAESTRÍA EN ASTROFÍSICA Y SUS GRADOS ACADÉMICOS

RODRIGO ALVARADO MARÍN

Doctorado en Física y Matemática, Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos, Moscú, Rusia, 1994.

RAFAEL ARAYA GOCHEZ

Doctorado en Física y Astronomía, Universidad John Hopkins, Maryland, Estados Unidos de América, 1996.

ANTONIO BANICHEVICH BEGOVICH

Doctorado en Física y Química Teórica, Universidad de Bonn Rheinische Friedrich Wilhelm, Alemania, 1991.

MARCO BARRANTES SALAZAR

Maestría en Física y Matemática, Universidad de Jarkov, Ucrania, 1994.

RODRIGO CARBONI MÉNDEZ

Maestría en Física, Universidad de Costa Rica, 1994.

LUIS ESTRADA NAVAS

Doctorado en Matemática, Universidad de Carleton, Canadá, 1983.

FRANCISCO FRUTOS ALFARO

Doctorado en Ciencias Naturales, Universidad de Tübingen, Alemania, 1998.

JOSÉ GRACIA BONDÍA

Doctorado en Ciencias Físicas, Universidad Autónoma de Madrid, España, 1975.
Maestría en Matemática, Universidad de Costa Rica, 1986.

JORGE PÁEZ PORTUGUEZ

Doctorado en Ciencias Naturales, Universidad de Tübingen, Alemania, 1976.

LIUDMILA SEMIONOVA NIKOLAEVNA

Maestría en Física, Universidad de Costa Rica, 1983. Maestría en Enseñanza de la Física, Instituto Pedagógico de Moscú, Rusia, 1968, equiparado al grado de licenciatura.

CLAUDIO SOTO VARGAS

Doctorado en Física Nuclear, Universidad Estatal de Ohio, Estados Unidos de América, 1977.