

CENTROS REGIONALES DE FORMACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESPACIALES
(AFILIADOS A LAS NACIONES UNIDAS)

Meteorología por Satélite y clima mundial

Programa de estudios



Naciones Unidas

CENTROS REGIONALES DE FORMACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESPACIALES
(AFILIADOS A LAS NACIONES UNIDAS)

Meteorología por Satélite y clima mundial

Programa de estudios

Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre
Oficina de las Naciones Unidas en Viena



Naciones Unidas, 2003

Prefacio

Indudablemente, el ser humano ha sentido siempre la fascinación del tiempo atmosférico y, por razones prácticas, se ha interesado por él. Los fenómenos meteorológicos fueron un tema importante de especulación en las obras filosóficas de la antigüedad clásica, pero el comienzo de los estudios científicos sobre el tiempo se fecha normalmente con la invención del termómetro y del barómetro, en el siglo XVII. En el XVIII hubo intentos esporádicos de dibujar mapas meteorológicos basados en observaciones hechas en la superficie. La invención del telégrafo en el siglo XIX abrió la posibilidad de obtener y difundir predicciones en tiempo real, utilizando los datos reunidos en una extensa zona geográfica. A mediados y finales del siglo XIX se iniciaron en varios países redes de observación patrocinados por los gobiernos. También en el siglo XIX se produjo una importante evolución en la dinámica de fluidos y la termodinámica básicas, que sentó el estudio de la atmósfera sobre una base firme, como problema de física aplicada. En los últimos decenios se han hecho progresos espectaculares en los estudios tanto teóricos como basados en observaciones de la atmósfera. Esos progresos se han visto muy facilitados por la disponibilidad de plataformas de satélite para sistemas de observación atmosférica y por la creación de computadoras digitales para resolver las ecuaciones gobernantes no lineales.

Históricamente, el estudio de la atmósfera se ha dividido en las disciplinas de la meteorología y climatología. La climatología podría definirse como el estudio de los procesos que determinan el estado medio temporal de la atmósfera, en donde se entiende por “medio” el promedio a lo largo de un período considerable (un año o quizá algunos años). La meteorología se ocupa de la física de los componentes de mayor frecuencia de la variabilidad atmosférica. Cada vez resulta más evidente que la distinción es bastante arbitraria y no especialmente útil. La circulación en la atmósfera se muestra variable en todas las escalas temporales, y no hay interacciones importantes entre los distintos componentes de la frecuencia.

Una gran parte de los trabajos recientes sobre vigilancia y elaboración de modelos atmosféricos se ha debido a la conciencia de que la humanidad tiene la posibilidad de alterar de forma importante (aunque inconsciente) el clima mundial. Ha surgido una preocupación especial por el aumento de los niveles atmosféricos de los llamados gases de invernadero, como el CO₂, causado por las actividades industriales y agrícolas. Disponer de predicciones fiables de la sensibilidad del clima a esas influencias antropogénicas sería sumamente útil para formular estrategias orientadas a mitigar las consecuencias sociales y económicas del cambio del medio ambiente mundial.

Índice

	<i>Página</i>
Prefacio	iii
Notas explicativas	vi
Introducción	1
Establecimiento de los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales	2
Reunión de expertos de las Naciones Unidas sobre los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales: situación actual y evolución futura	3
Programa de estudios sobre la meteorología por satélite y el clima mundial	4
Finalidad de los cursos en meteorología por satélite y clima mundial	4
Examen de los programas de estudios existentes y de la experiencia obtenida ..	5
Programa de estudios revisado para el curso de meteorología por satélite y clima mundial	8
Anexos	
I. Programa de estudios para los tres primeros cursos	15
Módulos	15
Ejercicios prácticos	19
Proyectos piloto	22
II. Material didáctico recomendado	25

Notas explicativas

0-D	zero-dimensional
1-D	one-dimensional
2-D	two-dimensional
3-D	three-dimensional
APT	automatic picture transmission
ATSR	along-track scanning radiometer
AVHRR	advanced very high resolution radiometer
CCD	charge-coupled device
DMSP	Defense Meteorological Satellite Program
ENSO	El Niño Southern Oscillation
ERS	European remote sensing satellite
GIS	geographic information system
GMS	geostationary meteorological satellite
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
GPCP	Global Precipitation Climatology Project
HRPT	high-resolution picture transmission
INSAT	Indian National Satellite System
IRS	Indian Remote Sensing Satellite
ISCCP	International Satellite Cloud Climatology Project
ISLSCP	International Satellite Land Surface Climatology Project
ITPP	International TOVS Processing Package
LOWTRAN	low resolution transmittance
MSMR	multichannel scanning microwave radiometer
NCAR	National Centre for Atmospheric Research
NCEP	National Centres for Environmental Prediction
NDVI	normalized difference vegetative index
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NWP	numerical weather prediction
OLR	outgoing longwave radiation
SSM/I	special sensor microwave imager
SST	sea surface temperature
TIROS	television and infrared observation satellite

TOVS	TIROS operational vertical sounder
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
VHRR	very high resolution radiometer
WEFAX	weather facsimile
WMO	World Meteorological Organization

Introducción

La formación en ciencia y tecnología espaciales es una actividad que puede desarrollarse a los niveles elemental, secundario y universitario. Las naciones presentes en el espacio han introducido elementos de ciencia y tecnología espaciales en los planes de estudio vigentes a esos niveles. Tal innovación no ha tenido lugar en muchos países en desarrollo, en parte porque no se valoran lo suficiente las ventajas de esa ciencia y tecnología, y en parte por no haber progresado aún satisfactoriamente los medios y recursos destinados a la enseñanza de la ciencia y la tecnología en las instituciones docentes. La formación en ciencia y tecnología espaciales ha adquirido un carácter intensamente interactivo en los países desarrollados; la World Wide Web y otras tecnologías de la información se han convertido en útiles instrumentos de programas de enseñanza a todos los niveles.

La incorporación de elementos de ciencia y tecnología espaciales en los planes de estudio de ciencias a nivel universitario puede servir a una doble finalidad en los países desarrollados y los países en desarrollo. Puede permitir a todos ellos aprovecharse de las ventajas que brindan las nuevas tecnologías, ventajas que, en muchos casos, son frutos indirectos de la ciencia y tecnología espaciales. Puede dar nuevo impulso al sistema educativo, introducir las concepciones de la alta tecnología en forma no esotérica y contribuir a la creación de capacidad nacional en el ámbito científico y tecnológico en general. A este respecto, Lewis Pyenson subrayó en su reciente obra titulada *Servants of Nature*¹ que:

“La descentralización geográfica y la innovación interdisciplinaria se han convertido en consignas de la ciencia de tradición académica. El procesamiento electrónico de la información hace hasta cierto punto innecesaria la presencia de un científico o especialista en un antiguo centro de enseñanza. Las universidades se han adaptado por doquier a las nuevas circunstancias socioeconómicas ampliando sus planes de estudio. Siempre han respondido de la misma manera, aunque nunca tan rápidamente como desearían sus críticos. La innovación mesurada y deliberada es uno de los pesados fardos que soporta el mundo académico. Es también una gran virtud. Los campos del conocimiento nacientes sólo se convierten en nuevas disciplinas científicas una vez que han encontrado un lugar seguro en las universidades. A ellas tornamos la mirada en espera de una opinión docta sobre las últimas innovaciones. Las nuevas ideas científicas surgen en contextos variados, pero sólo se convierten en patrimonio común de la humanidad cuando son procesadas por una institución de enseñanza superior como la universidad moderna.”

Tanto en los países en desarrollo como en los países desarrollados, la enseñanza de las ciencias a nivel universitario plantea múltiples dificultades, aunque éstas son de mayor magnitud en los países en desarrollo. El problema general con que tropieza la enseñanza de las ciencias es que los estudiantes no pueden contemplar ni percibir los fenómenos que se explican, lo que suele traducirse en incapacidad para aprender principios básicos y comprender las relaciones existentes entre dos o más conceptos y su importancia práctica para las dificultades de la vida real. A esos problemas se añade la falta de capacidad en los aspectos conexos de las matemáticas así como lo concerniente a estrategias de solución de problemas. Hay también dificultades

lingüísticas en los países en que la enseñanza de las ciencias se efectúa en una lengua distinta de la nacional. Los países desarrollados han superado, a lo largo de los años, la mayor parte de los problemas básicos, salvo tal vez un problema psicológico, concretamente el de que los estudiantes vean en la ciencia una materia difícil. En cambio, en los países en desarrollo subsisten aún problemas fundamentales agravados por el hecho de que no hay suficiente personal docente académica y profesionalmente bien capacitado.

Establecimiento de los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales

La Asamblea General hizo suya, en su resolución 45/72 del 11 de diciembre de 1990, la recomendación del Grupo de Trabajo Plenario de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos, en la forma aprobada por la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, de que las Naciones Unidas tomaran la iniciativa, con el apoyo activo de sus organismos especializados y otras organizaciones internacionales, de establecer centros regionales de capacitación en ciencia y tecnología espaciales en instituciones educativas nacionales o regionales que ya existan en los países en desarrollo (A/AC.105/456, anexo II, inciso n) del párr. 4).

La Asamblea General hizo también suya, en el párrafo 30 de su resolución 50/27 del 6 de diciembre de 1995, la recomendación de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos para que esos centros se establecieran lo antes posible sobre la base de su afiliación a las Naciones Unidas, la cual proporcionaría a los centros el reconocimiento necesario y aumentaría las posibilidades de atraer donantes y establecer relaciones académicas con instituciones nacionales e internacionales relacionadas con el espacio.

Se han creado centros regionales en la India, para la región de Asia y el Pacífico, en Marruecos y Nigeria, para la región de África, en el Brasil y México, para la región de América Latina y el Caribe, y en Jordania, para la región de Asia Occidental bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial, ejecutado por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (A/AC.105/749). El objetivo de esos centros es acrecentar la capacidad de los Estados Miembros, a nivel regional e internacional, en las diferentes disciplinas de la ciencia y la tecnología espaciales que tengan posibilidades de promover su desarrollo, científico, económico y social. Cada uno de los centros imparte programas de enseñanza de posgrado, investigación y aplicaciones que prestan atención especial a la teleobservación, las comunicaciones por satélite, la meteorología por satélite y la ciencia espacial para docentes universitarios así como para científicos dedicados a la investigación y las aplicaciones. En todos los centros se imparten cursos de nueve meses a nivel de posgrado (de teleobservación, comunicaciones por satélite, aplicaciones meteorológicas de los satélites, y ciencias del espacio y la atmósfera) basados en los planes de estudio modelo resultantes de la Reunión de expertos Naciones Unidas/España sobre la elaboración de planes de estudio para los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales, celebrada en Granada (España) en 1995. Desde ese mismo año estos planes de estudio (A/AC.105/649 y <http://www.oosa.unvienna.org/SAP/centres/centres.htm>) son objeto

de disertaciones y exámenes en reuniones regionales e internacionales con fines de formación.

La Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (UNISPACE III), celebrada en Viena en julio de 1999, recomendó que se estableciera colaboración entre los centros regionales y otras organizaciones nacionales, regionales e internacionales con el fin de potenciar los elementos componentes de sus respectivos planes de estudio². En su resolución 54/68 del 6 de diciembre de 1999, la Asamblea General hizo suya la resolución de UNISPACE III titulada “El milenio espacial: la Declaración de Viena sobre el Espacio y el Desarrollo Humano”, en la que se recomendaban medidas encaminadas a asegurar mecanismos de financiación sostenible de los centros regionales³.

Reunión de expertos de las Naciones Unidas sobre los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales: situación actual y evolución futura

La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de la Secretaría organizó, en cooperación con la Agencia Espacial Europea (ESA), la Reunión de expertos de las Naciones Unidas sobre los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales: situación actual y evolución futura, que se celebró del 3 al 7 de septiembre de 2001 en Frascati (Italia). Fue anfitrión de la misma el Instituto Europeo de Investigaciones Espaciales de la ESA en Frascati.

La citada reunión examinó la situación en lo relativo al establecimiento y actividades de los centros regionales con miras a acrecentar la cooperación entre ellos. Su principal objetivo fue pasar revista y actualizar los planes de estudio a nivel universitario y en los distintos ámbitos culturales sobre cuatro disciplinas: teleobservación, meteorología por satélite, comunicaciones por satélite y ciencia del espacio. La reunión tuvo en cuenta que la formación varía apreciablemente de un país a otro e incluso entre las instituciones de un mismo país, lo que da lugar a divergencias entre los planes de estudio de la ciencia y la tecnología espaciales en lo que respecta al contenido de los cursos y las modalidades de presentación. La reunión hizo observar que el modelo de plan de estudio (A/AC.105/649) había contribuido a resolver esos problemas.

La reunión constituyó cinco grupos de trabajo encargados de los siguientes temas concretos y del respectivo plan de formación: a) cuestiones de gestión de los centros; b) teleobservación; c) meteorología por satélite; d) comunicaciones por satélite; y e) ciencia del espacio. Los grupos de trabajo aprovecharon para su labor los conocimientos y competencia de los participantes, teniendo en cuenta a la vez los resultados de los anteriores cursos de nueve meses a nivel de posgrado, en particular los organizados desde 1996 en el Centro de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales para Asia y el Pacífico y, desde 1998, en el Centro Regional Africano de Ciencia y Tecnología Espaciales, institución francófona, y en el Centro Regional Africano de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales, institución anglófona.

La reunión, sirviéndose de sus grupos de trabajo, actualizó los cuatro planes de estudio y elaboró programas de cursos que se distinguen de la mayoría de los que existen en la literatura sobre la materia y en la World Wide Web. Sus fundamentos

son la física, las matemáticas y la ingeniería tal como se enseñan en numerosas universidades de todo el mundo. No están concebidos a la medida de ningún proyecto o misión espaciales concretos que puedan haber sido o ser ejecutados por una institución determinada.

Programa de estudios sobre la meteorología por satélite y el clima mundial

El presente capítulo contiene las deliberaciones del grupo de trabajo sobre meteorología por satélite y clima mundial, que se estableció en la Reunión de expertos de las Naciones Unidas sobre los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales: situación actual y evolución futura. El grupo debatió la finalidad de los cursos en la materia, examinó los planes de estudios existentes y la experiencia obtenida por medio de los cursos que se habían realizado en centros regionales (anexo I) y desarrolló los objetivos, requisitos, estructura y planes de estudios revisados de los nuevos cursos.

Finalidad de los cursos en meteorología por satélite y clima mundial

Un curso de aplicación de la meteorología por satélite es un componente específico de la formación en ciencia y tecnología espaciales. Es importante, porque, aunque los satélites meteorológicos llevan en el espacio más de 30 años, la mayoría de las comunidades científicas, profesionales y educacionales del mundo no tienen conciencia de que las observaciones de esos satélites son de acceso libre y pueden aplicarse directamente o combinadas con otra información para beneficiar a grandes sectores de la población de un país o ayudar a resolver problemas específicos que afecten a sus poblaciones, especialmente cuando ello puede implicar salvar vidas, proteger bienes o administrar responsablemente recursos naturales.

Muchos organismos meteorológicos nacionales han comprendido la importancia de realizar esos cursos de meteorología por satélite. Sus cursos regulares de formación comprenden un pequeño sector sobre meteorología por satélite, que abarca principalmente los estudios sinópticos del sistema meteorológico con imágenes.

Las cuestiones relacionadas con el calentamiento de la Tierra, el agotamiento de la capa de ozono, El Niño/Oscilación Austral (ENSO) y la interacción entre la atmósfera de los océanos y el cambio climático, en otro tiempo sólo de interés académico, se han hecho hoy sumamente pertinentes. El curso, además de impartir conocimientos sobre meteorología por satélite básica y problemas avanzados, se ocupa principalmente de la formación en esa materia. El tratamiento de datos digitales de satélite, el trabajo con modelo dinámicos, la solución de problemas y la ejecución de proyectos de interés para el país anfitrión han sido el centro de atención principal del curso.

Los satélites meteorológicos llevan funcionando casi continuamente desde el comienzo de la era espacial. La continuación de su presencia en el espacio durante los próximos decenios es casi segura por la importancia que la sociedad en general concede a la observación y predicción de los fenómenos meteorológicos. Algunos

países han lanzado vehículos espaciales específicamente para atender las necesidades de los meteorólogos oficiales profesionales, en los países en que éstos se encargan de hacer predicciones meteorológicas con fines civiles y militares. Sin embargo, la mayoría de los países que han lanzado satélites meteorológicos los han diseñado para que funcionen de forma que todos los que estén en el radio de recepción de esos satélites puedan obtener los datos libremente y utilizarlos con cualquier fin. Es decir, resulta viable utilizar en tiempo real las lecturas directas hechas desde esos satélites como recurso educacional en las escuelas. Esas observaciones pueden utilizarse también como instrumento para ordenar y predecir el tiempo atmosférico, detectar incendios forestales, apoyar el transporte aéreo, marítimo y terrestre, apoyar los intereses agrícolas y pesqueros, y una amplia gama de otros fines no meteorológicos. Además de los satélites operacionales, hoy se dispone de algunos satélites de investigación y desarrollo que dan más información sobre la atmósfera y los océanos. Es posible incluir los datos de satélites en la predicción meteorológica numérica. La información procedente de sistemas de información geográfica (GIS) debe incluirse en los estudios meteorológicos y climatológicos. El plan de estudios del curso debe abarcar todos esos aspectos.

El acceso mundial a los datos de los satélites meteorológicos fue iniciado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para ayudar a que los conocimientos obtenidos en la ciencia y la tecnología aeroespaciales como consecuencia del libre acceso a las observaciones de los satélites meteorológicos pudieran ser y fueran utilizados por personas, organizaciones y países, especialmente países en desarrollo. La OMM lo hace para dar a un grupo esencial de especialistas de diferentes países los conocimientos analíticos y técnicos que les permitirán investigar y sostener una amplia diversidad de programas nacionales en los que la tecnología apoye programas científicos, económicos, educacionales y humanitarios que mejoren la calidad de vida de amplios sectores de la población.

Examen de los programas de estudios existentes y de la experiencia obtenida

Las Naciones Unidas han elaborado un modelo de programa de estudios en materia de aplicaciones de satélites meteorológicos, para los centros regionales. Los trabajos iniciales sobre ese plan de estudios se realizaron en la reunión de expertos de las Naciones Unidas/España sobre la elaboración de planes de estudios para los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales, celebrada en Granada (España) en 1995. A fin de lograr el reconocimiento y la homologación internacionales, se preparó un modelo de plan de estudios para dar a los centros regionales un criterio de referencia sobre el nivel académico necesario para mantener la altura y el carácter internacionales de los cursos, así como de los propios centros.

El curso se compone de nueve meses de estudios en un centro regional, seguidos por la ejecución y terminación de un proyecto piloto de un año, en el país de origen del participante.

Los expertos de la reunión celebrada en 1995 previeron que los participantes hicieran un curso de instrucción orientado a aumentar sus conocimientos científicos en materia de aplicación de datos obtenidos de satélites meteorológicos, y a

desarrollar y ampliar su experiencia en cálculo y análisis, a fin de que pudieran introducir y aplicar las ventajas de esa ciencia y tecnología en sus países de origen.

Los expertos sugirieron también que el curso comprendiera los siguientes temas:

Composición atmosférica; leyes de la radiación; circulación general de la atmósfera y los océanos;

Radiometría básica; interacción de la radiación electromagnética y la materia;

Termodinámica; dinámica, sistema de movimientos tropicales y extratropicales; sistemas de mesoescala y de escalas sinópticas;

Predicción meteorológica; utilización combinada de datos obtenidos por satélite, radar y convencionales; predicción meteorológica numérica;

Aspectos esenciales de los tipos, órbitas y sensores de satélite; sistemas de sondeo vertical y a bordo de satélites, así como plataformas de reunión de datos *in situ*; recuperación de productos meteorológicos;

Tratamiento y aplicación especializados de los datos de satélite obtenidos por satélites de órbita polar y geoestacionarios, en diversas actividades humanas, por ejemplo, agricultura, determinación de la temperatura de las viviendas, estimación de la temperatura de la capa superficial del suelo; estimación de la importancia y distribución de las precipitaciones, inventario de cultivos, gestión pecuaria, pesca, etc.

Se han celebrado dos cursos y se está celebrando un tercero. El grupo de trabajo examinó los planes de estudios de esos cursos, como se expone a continuación.

Primer curso

El primer curso de posgrado en meteorología por satélite y clima mundial se celebró en el Centro de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales para Asia y el Pacífico, del 1º de marzo al 30 de noviembre de 1998. El programa de ese primer curso se basó en las directrices generales establecidas en la reunión de 1995 (A/AC.105/649). En el cuadro 1 del anexo I figuran los módulos comprendidos en el curso. En la figura 1 se desglosa el plan de estudios en las conferencias, prácticas de laboratorio, clases reducidas, biblioteca, visitas técnicas, etc., que ayudaron grandemente a preparar los programas del curso.

Se recibieron las siguientes observaciones de los participantes y facultades:

a) Se daba demasiada importancia a la meteorología tropical. Deberían incluirse más temas relacionados con los sistemas de latitudes medias;

b) Serían convenientes más estudios de casos (por ejemplo, sobre la aplicación de los datos de satélite en los modelos de predicción meteorológica numérica (NWP) y muestras de problemas numéricos;

c) Sería conveniente un curso introductorio sobre física, matemática y programación informática básicas;

d) Debería dedicarse más tiempo a temas como el cambio climático, la transferencia de radiaciones, etc.;

- e) Debería aumentarse el número de clases reducidas.

Segundo curso

El segundo curso de posgrado se celebró en el Centro de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales para Asia y el Pacífico, del 1° de julio de 2000 al 31 de marzo de 2001. Sobre la base de la información recibida de los participantes y facultades del primer curso, se hicieron las siguientes modificaciones en el programa de estudios para su aplicación en el segundo curso:

- a) Se incluyó un módulo de orientación que comprendía matemáticas, métodos estadísticos e informática básicos;
- b) Se redujo considerablemente la atención prestada a la meteorología tropical, incluidos los sistemas meteorológicos de monzones y condiciones tropicales extremas;
- c) Se introdujeron nuevos temas de conferencia sobre los sistemas de latitudes medias y extratropicales.

En el cuadro 2 del anexo I figuran los módulos comprendidos en el segundo curso y en la figura 2 el correspondiente desglose del calendario. Los participantes acogieron con agrado la inclusión del módulo de orientación relativo a matemáticas, estadística e informática básicas, que los ayudó a mejorar sus conocimientos.

Antes del curso se decidió introducir tres documentos facultativos en materias especializadas que abarcaron 20 conferencias del segundo curso: a) recuperación de parámetros utilizando datos de satélite; b) asimilación de datos y modelos numéricos; y c) cambio climático. Teniendo en cuenta los debates con los participantes y los conocimientos de éstos, así como la disponibilidad de tiempo, se suprimió la opción facultativa. Los aspectos importantes de cada opción se incluyeron en los módulos respectivos. Además, se hicieron algunos cambios en el plan de estudios (por ejemplo, incluir conferencias sobre meteorología dinámica y oceanografía física en el módulo de orientación).

Tercer curso

El tercer curso, que se está celebrando en el Centro de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales para Asia y el Pacífico, comenzó el 1° de agosto de 2002 y terminará el 30 de abril de 2003. Después de examinar a fondo el segundo curso, se hicieron en el tercero los siguientes cambios:

- a) Se introdujeron temas de oceanografía física en el submódulo de introducción;
- b) Se redujo la importancia de los temas avanzados de transferencia radiactiva y recuperación de parámetros;
- c) Se dio más importancia a las aplicaciones de los datos de satélite;
- d) Se aumentaron las conferencias sobre clima mundial. Se introdujeron conferencias sobre variabilidad climática a corto plazo y cambios climáticos a largo plazo.

Los módulos comprendidos en el tercer curso figuran en el cuadro 3 del anexo I.

Ejercicios

Además de las clases teóricas, por la tarde se dan clases con ejercicios prácticos en la utilización de imágenes de satélite, aplicaciones de datos digitales, recuperación de parámetros meteorológicos e interpretación de los productos de modelos numéricos. En la sección B del anexo I figura una lista de cada uno de los tres cursos.

Proyectos piloto

En la sección C del anexo I se dan detalles sobre los proyectos piloto realizados por los participantes durante el primero y el segundo cursos.

Evolución del programa de estudios

La elaboración de programas de estudios es un proceso continuo que debe tener en cuenta, entre otras cosas, las distintas evoluciones tecnológicas, las nuevas hipótesis de aplicación y la información recibida de los participantes y el profesorado. La evolución del programa de estudios se muestra en el cuadro 4 de la sección B del anexo I. Al final de cada módulo se recibió información de los participantes sobre los resultados, y las sugerencias que aportaron se debatieron y se pusieron en práctica en la medida de lo posible. Al final de cada uno de los cursos, cada participante rellenó un extenso formulario de información. También se pidió a los miembros del cuerpo docente que suministraran información sobre cada curso. Una junta de estudios (un grupo de expertos creado con ese fin) toma nota de toda esa información y la examina. Las recomendaciones se tienen en cuenta al organizar cursos posteriores.

Programa de estudios revisado para el curso de meteorología por satélite y clima mundial

Objetivos

Los objetivos del curso sobre meteorología por satélite incluyen, entre otros, los siguientes:

- a) Formar especialistas de países en desarrollo en aplicaciones de los satélites meteorológicos, para apoyar el desarrollo y bienestar socioeconómico de esos países;
- b) Promover la utilización de los datos y técnicas de los satélites meteorológicos, para vigilar y evaluar el medio ambiente y los fenómenos meteorológicos graves.

Se prevé que, al terminar el curso, los participantes podrán:

- a) Servir de centro de coordinación para promover los conocimientos y la especialización de otros profesionales de sus países;
- b) Contribuir a la formulación de políticas, planificación, desarrollo y gestión de datos y aplicaciones de los satélites meteorológicos operacionales en sus respectivos países;
- c) Mejorar y aumentar la autosuficiencia de sus países, a fin de que dependan menos de expertos exteriores.

Requisitos del programa

Los participantes en el curso deben tener un título de bachiller en ciencias, en matemáticas, física o meteorología, y por lo menos cinco años de experiencia profesional en meteorología o esferas conexas.

Estructura del programa de estudios

El curso propuesto se compone de un programa de trabajo de nueve meses, seguido por un proyecto piloto de un año en el país de origen del participantes. El curso de nueve meses tiene cuatro componentes: conceptos básicos (dos meses); datos obtenidos de satélites meteorológicos (dos meses); modelos y cambio climático (dos meses); y preparación y propuestas de proyectos (tres meses). Cada uno de los tres primeros componentes se organiza en tres módulos. Se sugiere un cuarto módulo para estudiantes más avanzados, compuesto de temas sobre utilización potencial de satélites futuros, instrumentos, etc. Al diseñar la estructura del plan de estudios, el grupo de trabajo contó con la experiencia del Centro de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales para Asia y el Pacífico.

Conferencias y ejercicios prácticos

El grupo de trabajo sugirió que 15 horas de conferencias fueran acompañados por 20 horas de trabajo práctico por semana.

Equipo

El equipo y los productos que se necesitan como parte del curso (A/AC.105/649), incluidos los ya especificados en el documento A/AC.105/534, son los siguientes:

- Estación terrestre de transmisión de imágenes de alta resolución (HRPT)
- Microcomputadoras (con módem, lector de CD ROM, etc.)*
- Impresoras
- Capacidad para Internet
- Fax
- Estaciones terrestres para satélites geoestacionarios de alta resolución
- Archivos de datos
- Análisis gráfico y sistema de visualización

* El número de elementos de equipo necesarios dependerá del de participantes seleccionados para el curso.

Tratamiento de imágenes y programas informáticos meteorológicos
Acceso al radar y los productos de la predicción meteorológica nacional*
Estaciones de trabajo*
Estación de fax meteorológico automático de imágenes (APT/WEFAX)
Sistema de información geográfica (GIS)
Atlas climatológicos*
Material topográfico
Libros de texto

Invitación/cuestionario

Los futuros participantes deberán llenar el cuestionario, para ayudar a los centros regionales en el proceso de selección. Cada centro regional podrá preparar su propio cuestionario.

Programa de estudios revisado

A continuación se presenta el programa de estudios revisado del curso de meteorología por satélite y clima mundial.

Módulo 1: conceptos básicos (dos meses)

1. Meteorología
 - Dinámica atmosférica
 - Circulación general de la atmósfera
 - Sistemas meteorológicos tropicales y extratropicales
2. Climatología
 - Componentes del clima de la Tierra
 - Ciclos anuales y semestrales
 - Variabilidad climática
 - Examen general del clima mundial
3. Oceanografía
 - Función de los océanos en el tiempo atmosférico y el clima
 - Parámetros oceanográficos
 - Circulación de los océanos
 - Interacciones aire-mar
4. Física atmosférica
 - Composición de la atmósfera
 - Termodinámica
 - Leyes de la radiación
 - Espectro electromagnético
5. Matemáticas
 - Matrices
 - Ecuaciones diferenciales parciales y totales
 - Integrales y derivadas

6. Estadística
 - Análisis de datos
 - Clasificación supervisada y no supervisada
7. Técnicas informáticas
 - Diferentes entornos informáticos
 - Lenguaje informático
 - Programas informáticos meteorológicos
 - Instrumentos gráficos
 - Multimedia
8. Examen general de los satélites/órbitas meteorológicos
 - Dinámica orbital
 - Satélites polares y geoestacionarios
 - Satélites meteorológicos operacionales

Sesiones de tarde

Curso o cursos de perfeccionamiento lingüístico, según proceda
Prácticas de laboratorio, familiarización con la informática, sitios útiles de la Web

Modulo 2: aplicaciones (dos meses)

Tratamiento de imágenes y GIS

1. Instrumentación y sensores meteorológicos
 - Sensores pasivos y activos
 - Tecnología de sensores: ópticos/infrarrojos/de vapor de agua
 - Tecnología de sensores: microondas
 - Concepto de resolución: espacial, temporal
 - Espectrómetros
 - Comparación entre formadores de imágenes y sondas
2. Interpretación y aplicación de imágenes
 - Sistemas sinópticos de mesoescala
 - Sistemas meteorológicos tropicales y extratropicales
 - Contaminantes atmosféricos (polvo, neblina, humo, incendios forestales, etc.)
 - Vigilancia de los océanos
3. Técnicas de tratamiento de imágenes
 - Programas informáticos de proyección
 - Registro/navegación de imágenes, corrección radiométrica y geométrica
 - Corrección atmosférica
 - Clasificación de imágenes, agrupación, etc.
4. GIS básicos
 - Conceptos básicos
 - Gestión de datos
 - Manipulación de datos
 - Aplicación de GIS

Preparación de mapas multicapas
Aplicaciones para la meteorología y la climatología

Recuperación y aplicaciones de datos de satélite

5. Recuperación de parámetros geofísicos
 - Métodos estadísticos y de inversión
 - Funciones de ponderación
6. Parámetro atmosféricos
 - Vientos
 - Perfiles atmosféricos
 - Precipitación
 - Radiación emitida de onda larga (OLR)
 - Concentración de aerosoles
 - Información sobre nubes
 - Balance de radiación
7. Parámetros terrestres y oceánicos
 - Temperatura de la superficie marina
 - Vientos de la superficie marina
 - Índice de vegetación
 - Parámetros de la superficie terrestre
8. Aplicación de los parámetros obtenidos
 - Variabilidad intraestacional
 - Sistemas tropicales/extratropicales
 - Vigilancia de las sequías
 - Variabilidad de las lluvias
 - Interacción aire-mar
 - Sistemas meteorológicos regionales/locales

Las sesiones de laboratorio de este módulo pueden diseñarse sobre la base de los temas mencionados y de los recursos disponibles en los centros regionales.

Módulo 3 modelos numéricos y clima mundial (dos meses)

Asimilación de modelos numéricos y de datos de satélite

1. Modelos regional y mundial
 - Modelos simples y modelos adimensionales, mono, bi y tridimensionales (0-D, 1-D, 2-D, 3-D)
 - Estructura de modelos básica
 - Función de los datos de satélite para obtener parámetros

2. Concepto de asimilación de datos

Asimilación de datos básica
Sistemas de observación
Análisis subjetivo y objetivo
Ciclo de asimilación
Producto de modelo

3. Asimilación de datos de satélite

Humedad, viento, temperatura
Lluvias
Impacto

Clima mundial

4. Cambio climático

Vigilancia del clima básica
Efecto invernadero y calentamiento de la Tierra
Variabilidad a corto y a largo plazo
Balance de radiación y mecanismos de retroalimentación
Efectos antropogénicos

5. Impacto del cambio climático

Impactos de tipo El Niño
Afloramiento
Casquete polar
Nivel del mar e inundaciones costeras
Proyecciones del clima futuras

6. Climatología basada en datos de satélite

Climatología de nubes (Proyecto internacional de climatología de nubes por satélite, ISCCP)
Climatología de la superficie terrestre (Proyecto internacional de climatología de la superficie terrestre por satélite, ISLSCP)
Precipitación mundial (Proyecto mundial sobre la climatología de la precipitación GPCP)

Cuestiones ambientales

7. Química atmosférica

Ozono
Otros oligogases
Función de los contaminantes
Programas de observación por satélite

8. Protocolos ambientales

El cambio climático mundial y sus implicaciones políticas
Programa 21: desarrollo sostenible integrado
Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

9. Gestión de desastres

Técnicas de vigilancia
Difusión de información
Sistemas de alerta por satélite

Las sesiones de laboratorio de este módulo pueden diseñarse sobre la base de los temas mencionados y de los recursos disponibles en los centros regionales.

Módulo 4: extracurricular (facultativo para estudiantes avanzados)

Este módulo facultativo puede realizarse simultáneamente con los otros módulos, en función de la formación académica, las necesidades y la conveniencia de los participantes. Se puede pedir a éstos que elijan cualquiera de los siguientes temas:

Usos potenciales de futuros instrumentos de satélite

Aplicaciones avanzadas de datos de satélite

Asimilación avanzada de datos de satélite en la predicción meteorológica numérica (NWP)

GIS avanzados

Proyecto piloto (tres meses)

8. Material docente

35. Se acompaña como anexo II una lista de material docente recomendado.

Notas

¹ L. Pyenson y S. Sheets-Pyenson, *Servants of Nature: a History of Scientific Institution, Enterprises and Sensibilities* (Nueva York, W.W. Norton and Company, 1999).

² *Informe de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Viena, 9 a 30 de julio de 1999* (publicación de las Naciones Unidas, N° de venta S.00.I.3), cap. II, secc. G, párr. 220.

³ *Ibíd.*, cap. I, resolución 1, apartado e) ii) del párr. 1. La Declaración puede consultarse también en la página de presentación de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (<http://www.oosa.unvienna.org>).

Anexo I

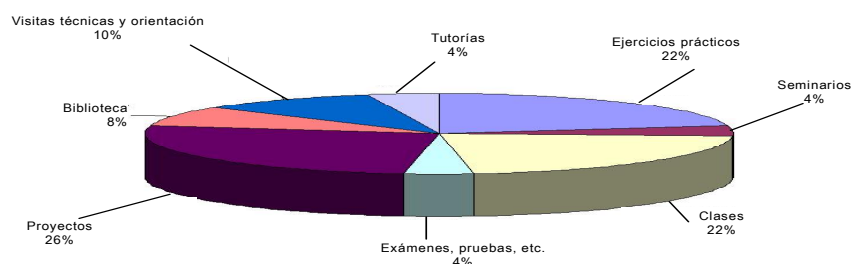
Programa de estudios para los tres primeros cursos

Módulos

Cuadro 1
El primer curso de un vistazo

Módulo/ submódulo	Tema	Número de clases
1	Conceptos básicos de meteorología, climatología y teleobservación	
1.1	Conceptos de la meteorología y la climatología	
	Conceptos básicos de meteorología	25
	Conceptos básicos de climatología	20
1.2	Conceptos de la meteorología por satélite	
	Introducción a la meteorología por satélite	23
	Órbitas, instrumentación y productos de información de los satélites meteorológicos	26
1.3	Aplicaciones de las imágenes de satélites y tratamiento digital de las imágenes	
	Utilización de las imágenes de satélites en la meteorología y las previsiones meteorológicas	15
	Estadísticas, técnicas de tratamiento digital de imágenes y sistemas de información geográfica (SIG)	17
2	Conceptos avanzados de la meteorología por satélite, recuperación de parámetros y aplicaciones	
2.1	Transferencia radiactiva y recuperación de parámetros	
	Conceptos de la transferencia radiactiva	25
	Recuperación de parámetros meteorológicos y oceanográficos	38
2.2	Aplicaciones con la utilización de datos numéricos obtenidos por satélite	
	Aplicaciones de los datos numéricos obtenidos por satélite en la meteorología y la predicción meteorológica	29
	Aplicaciones en la oceanografía	23
	Aplicaciones en los estudios del clima	15
2.3	Problemas ambientales y modelos numéricos	
	Cuestiones ambientales y consecuencias sociales	17
	Asimilación de los datos de satélites y elaboración de modelos	28
3	Proyectos piloto (tres meses)	

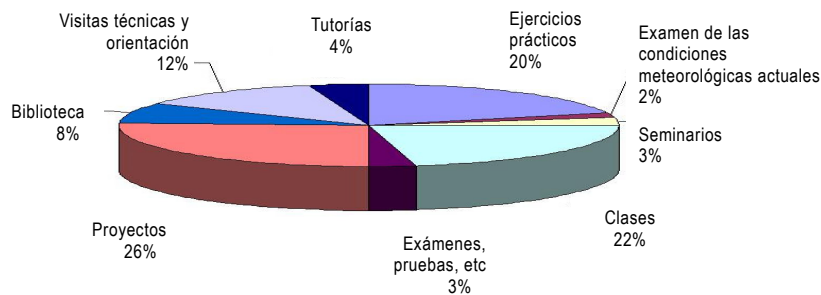
Figura I
Porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad durante el primer curso



Cuadro 2
El segundo curso de un vistazo

<i>Módulo/ submódulo</i>	<i>Tema</i>	<i>Número de clases</i>
1	Conceptos básicos de meteorología, climatología y teleobservación (tres meses)	
1.1	Conceptos de la meteorología y la climatología	
	Conceptos básicos de meteorología	20
	Conceptos básicos de climatología	10
1.2	Conceptos de la meteorología por satélite	
	Técnicas matemáticas e informáticas en relación con la meteorología por satélite	20
	Introducción a la meteorología por satélite	25
	Órbitas e instrumentación de los satélites meteorológicos	20
1.3	Aplicaciones de las imágenes obtenidas por satélite y tratamiento digital de imágenes	
	Utilización de las imágenes obtenidas por satélite en la meteorología y las previsiones meteorológicas	20
	Estadísticas, técnicas de tratamiento digital de imágenes y SIG	15
2	Conceptos avanzados de la meteorología por satélite, recuperación de parámetros y aplicaciones (tres meses)	
2.1	Transferencia radiactiva y recuperación de parámetros	
	Conceptos de la transferencia radiactiva	30
	Recuperación de parámetros meteorológicos y oceanográficos	30
2.2	Aplicaciones con la utilización de datos digitales obtenidos por satélite	
	Aplicaciones de los datos digitales obtenidos por satélite en la meteorología y la predicción meteorológica	25
	Aplicaciones en la oceanografía	15
	Asimilación de los datos obtenidos por satélite y modelos numéricos	10
2.3	Aplicaciones en los estudios sobre el clima y el medio ambiente	
	Estudios sobre el clima	15
	Cuestiones ambientales y consecuencias sociales	15
2.4	Aplicaciones avanzadas (optativo)	
	Recuperación avanzada de parámetros meteorológicos y oceanográficos	20
	Aplicaciones avanzadas en los estudios sobre el clima	20
	Asimilación avanzada de datos obtenidos por satélite y elaboración de modelos	20
3	Proyectos piloto (tres meses)	

Figura II
Porcentaje de tiempo dedicado a cada actividad durante el segundo curso



Cuadro 3
Tercer curso

<i>Módulo/ submódulo</i>	<i>Tema</i>	<i>Número de clases</i>
1	Conceptos básicos de meteorología, climatología y teleobservación (3 meses)	
1.1	Conceptos de la meteorología y la climatología	
1.1 MATH	Técnicas matemáticas e informáticas para la meteorología por satélite	20
	Matrices	
	Ecuaciones diferenciales parciales y totales	
	Integrales y derivadas	
	Conceptos básicos de estadística	
1.1 MET	Conceptos básicos de meteorología, climatología y oceanografía	30
	Meteorología dinámica y física	
	Sistemas meteorológicos extratropicales	
	Sistemas meteorológicos tropicales	
	Clima de la región	
	Océanos y clima	
1.2	Conceptos de la meteorología por satélite	
1.2 MS	Transferencia radiactiva en la meteorología por satélite	25
	Características de la radiación electromagnética	
	Teleobservación pasiva	
	Teleobservación activa	
	Recuperación y validación de parámetros	
1.2 MSI	Órbitas e instrumentación de los satélites meteorológicos	15
	Órbitas y navegación	
	Satélites operacionales en órbita polar	
	Satélites geoestacionarios operacionales	
	Otros satélites	
	Archivo de datos obtenidos por satélite	
1.3	Tratamiento e interpretación de imágenes	
1.3 PM	Interpretación de imágenes en la meteorología y las previsiones meteorológicas	30
	Imágenes obtenidas por satélite	
	Propiedades espectrales	
	Identificación de los sistemas de mesoescala	
	Sistemas sinópticos tropicales	
	Sistemas sinópticos extratropicales	
	Imágenes de radar	
1.3 DIP	Técnicas de tratamiento de imágenes y SIG	15
	Proyección cartográfica	
	Sistemas de determinación de la posición por satélite	
	Registro de imágenes, corrección radiológica y geométrica	
	Clasificación de imágenes	
	SIG	
2.1	Recuperación de parámetros geofísicos	
2.1 PA	Parámetros atmosféricos	15
	Vientos	
	Perfil de la temperatura	

<i>Módulo/ submódulo</i>	<i>Tema</i>	<i>Número de clases</i>
	Perfil de la humedad	
	Precipitación	
	Radiación emitida de onda larga	
	Nubes y aerosoles	
2.2 PTO	Parámetros terrestres y oceánicos	10
	Temperatura de la superficie del mar	
	Vientos en la superficie del mar	
	Índice de vegetación	
	Parámetros de la superficie terrestre	
2.2	Aplicaciones de los parámetros obtenidos por satélite	
2.2 APM	Aplicaciones en la meteorología y la predicción meteorológica	30
	Comienzo de los monzones	
	Variabilidad intraestacional e interanual	
	Ciclones tropicales	
	Ciclones extratropicales	
	Vigilancia de la sequía	
	Interacción aire-mar	
2.2 MN	Asimilación de los datos obtenidos por satélite en los modelos numéricos	15
	Modelos de la circulación general de la atmósfera	
	Conceptos de la asimilación de datos	
	Asimilación de los datos obtenidos por satélite	
	Efectos de la asimilación de los datos obtenidos por satélite	
2.3	Clima y medio ambiente mundiales	
2.3 CCP	Variabilidad del clima a corto plazo	25
	El Niño y la teleconexión	
	Climatología de las nubes	
	Cambios en la superficie terrestre	
	Ozono y otros oligogases	
2.3 CLP	Cambio climático a largo plazo	25
	Cambio climático	
	Efecto de invernadero y calentamiento de la Tierra	
	Cambios en la criosfera	
	Situación hipotética del clima en el futuro y misiones de satélites	
2.3 CARS	Cuestiones ambientales y repercusiones sociales	10
	Productividad biológica de los océanos	
	Medio ambiente de las zonas costeras	
	Contaminación	
	Gestión de las situaciones de desastre	
	Comunicaciones de masas	
3	Proyectos piloto (3 meses)	30

Ejercicios prácticos

Lista de ejercicios prácticos durante el primer curso

Módulo 1. Manipulación y aplicaciones de los datos de satélites meteorológicos operacionales

1. Instalaciones de computadoras y familiarización con la informática
2. Aplicaciones de los datos de satélites geoestacionarios (Sistema Nacional de Satélites de la India (INSAT) y satélites meteorológicos geoestacionarios (SMG))
3. Aplicaciones de los datos del radiómetro avanzado de muy alta resolución (RAMAR) de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA)
4. Vectores del INSAT relativos al movimiento de las nubes, y sus aplicaciones
5. Aplicaciones de los datos de satélites para la estimación de la intensidad de los ciclones tropicales
6. Aplicaciones de los datos de satélites para la predicción de la trayectoria de los ciclones
7. Demostración multimedia de los datos sobre ciclones del Meteosat y el Satélite Geoestacionario Operacional del Medio Ambiente
8. Paquetes de visualización

Módulo 2. Recuperación de parámetros y elaboración de modelos numéricos

1. Estimación de la radiación emitida de onda larga utilizando datos del radiómetro de muy alta resolución (RMAR) del INSAT y de SMG
2. Estimación de las precipitaciones atmosféricas diarias y semanales utilizando datos del RMAR del INSAT
3. Estimación de la temperatura de la superficie del mar a partir de datos del RMAR de la NOAA y sus aplicaciones en los estudios de la circulación oceánica
4. Estudio de la humedad y las temperaturas medias en distintos estratos de distintas regiones utilizando productos acabados de la sonda vertical operacional del satélite de observación por televisión sensible al infrarrojo (TIROS) de la NOAA
5. Tratamiento del soporte lógico 5 del paquete internacional de procesamiento de la sonda vertical operacional del TIROS para determinar el perfil de temperaturas utilizando datos de esa sonda de la NOAA
6. Interpretación de los resultados del modelo de circulación general de la atmósfera
7. Estudio de los resultados de simulación de modelos de la duplicación de CO₂ utilizando modelos de la circulación general

8. Estimación de la capa de nieve a partir de datos del RAMAR de la NOAA
9. Índice normalizado de vegetación basado en datos del RAMAR de la NOAA
10. Utilización en los SIG de los datos meteorológicos de satélites
11. Vientos de superficie a partir de los datos obtenidos con dispersímetro
12. Nivel del mar a partir de los datos obtenidos con altímetro
13. Familiarización con el paquete para el cálculo de la transmitancia de baja resolución

Lista de ejercicios prácticos durante el segundo curso

Módulo 1. Manipulación y aplicaciones de los datos obtenidos mediante satélites meteorológicos operacionales

1. Instalaciones de computadoras y familiarización con la informática
2. Aplicaciones de los datos de satélites geoestacionarios (Sistema Nacional de Satélites de la India (INSAT) y satélites meteorológicos geoestacionarios (SMG))
3. Aplicaciones de los datos del radiómetro avanzado de muy alta resolución (RAMAR) de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA)
4. Vectores del INSAT relativos al movimiento de las nubes, y sus aplicaciones
5. Aplicaciones de los datos de satélites para estimar la intensidad de los ciclones tropicales
6. Aplicaciones de los datos de satélites para la predicción de la trayectoria de los ciclones
7. Demostración multimedia de los datos sobre ciclones y los paquetes de visualización del Meteosat y el Satélite Geoestacionario Operacional del Medio Ambiente
8. Estimación de la radiación emitida de onda larga utilizando datos del RMAR del INSAT y de los SMG, y aplicaciones del Meteosat

Módulo 2. Recuperación de parámetros y elaboración de modelos numéricos

1. Estimación de las precipitaciones atmosféricas diarias y semanales utilizando datos del RMAR del INSAT
2. Estimación de la temperatura de la superficie del mar a partir de datos del RAMAR de la NOAA y sus aplicaciones en los estudios de la circulación oceánica
3. Tratamiento del soporte lógico 5.01 del paquete de procesamiento internacional de la sonda vertical operacional del TIROS para estimar el perfil de la temperatura utilizando datos de esa sonda de la NOAA

4. Interpretación de los resultados del modelo de la circulación general
5. Capa de nieve, índice normalizado de vegetación, hielo marino e incendios forestales a partir de datos del RAMAR de la NOAA
6. Utilización de los datos de satélites meteorológicos en los SIG
7. Vientos de superficie a partir de datos obtenidos mediante dispersímetro
8. Familiarización con el paquete para el cálculo de la transmitancia de baja resolución (demostración)
9. Recuperación de datos del radiómetro de barrido de microondas y múltiples canales (RBMMC)
10. Aplicaciones de los aerosoles

Lista sugerida de ejercicios prácticos para el tercer curso

Módulo 1. Manipulación y aplicaciones de los datos de satélites meteorológicos operacionales

1. Instalaciones de computadoras y familiarización con la informática
2. Aplicaciones de los datos del RMAR del INSAT
3. Aplicaciones de los datos del RAMAR de la NOAA
4. Técnicas de visualización
5. Vectores de satélites geoestacionarios en relación con el movimiento de las nubes y sus aplicaciones
6. Aplicaciones de los datos obtenidos por satélite para estimar la intensidad de los ciclones tropicales
7. Aplicaciones de los datos de satélites para la predicción de la trayectoria de los ciclones
8. Demostración multimedia de los datos sobre ciclones y los paquetes de visualización del Meteosat y el Satélite Geoestacionario Operacional del Medio Ambiente
9. Estimación de la radiación emitida de onda larga utilizando datos del RMAR (y aplicaciones)

Módulo 2. Recuperación de parámetros y elaboración de modelos numéricos

1. Estimación de las precipitaciones atmosféricas diarias y semanales utilizando datos del RMAR
2. Estimación de la temperatura de la superficie del mar a partir de datos del RAMAR de la NOAA y sus aplicaciones en los estudios de la circulación oceánica.
3. Estimación del perfil de la temperatura y la humedad utilizando datos de la sonda vertical operacional del TIROS de la NOAA
4. Interpretación de los resultados del modelo de la circulación general

5. Capa de nieve, índice normalizado de vegetación, hielo marino e incendios forestales a partir de datos del RAMAR de la NOAA (demostración)
6. Utilización de los datos de satélites meteorológicos en los SIG (demostración)
7. Vientos de superficie a partir de datos obtenidos mediante dispersímetro (demostración)
8. Familiarización con el paquete para calcular la transmitancia de baja resolución (demostración)
9. Recuperación de parámetros geofísicos de los radiómetros de microondas
10. Análisis objetivo del viento
11. Análisis objetivo de la temperatura

Proyectos piloto

Proyectos piloto que ejecutarán los participantes en el primer curso

1. Estimación de la humedad del suelo utilizando el índice diferencial de vegetación normalizado a partir de datos del RAMAR de la NOAA sobre Mongolia
2. Recuperación, validación y aplicaciones de la temperatura de la superficie del mar en torno a Sri Lanka utilizando datos del radiómetro de exploración a lo largo de la trayectoria del Satélite Europeo de Teledetección (ERS)
3. Estimación de las precipitaciones atmosféricas utilizando los índices de nubes
4. Análisis de nubes de las perturbaciones meteorológicas occidentales
5. Estimación y vigilancia de los peligros de incendios de bosques utilizando técnicas del RAMAR de la NOAA, el Satélite de Teledetección de la India (STI) y los SIG
6. Índice diferencial de vegetación normalizado y estimación de la humedad del suelo en Bangladesh
7. Recuperación, validación y aplicaciones de los perfiles de la temperatura y la humedad atmosféricas a partir de datos de la sonda vertical operacional del TIROS de la NOAA sobre Mongolia
8. Predicción de la trayectoria de los ciclones tropicales utilizando la temperatura de la parte superior de las nubes y la teoría del caos
9. Comienzo de los monzones en el Nepal utilizando datos de satélites
10. Estimación de las precipitaciones atmosféricas en Bangladesh y la Bahía de Bengala utilizando el método de Arkin
11. Perfil de la temperatura y la humedad en Uzbekistán, utilizando datos de la sonda vertical operacional de la NOAA
12. Estudio de la surgencia costera en el Golfo Pérsico y el Mar de Omán

13. Estimación de las precipitaciones atmosféricas en la región de Indonesia
14. Validación de los resultados del modelo de predicción numérica del tiempo con productos derivados de satélites en comparación con las observaciones meteorológicas tradicionales
15. Estimación de las lluvias sobre un ciclón, utilizando la técnica de índices de nubes
16. Interrupción del monzón y monzón activo sobre el Nepal
17. Elaboración de modelos de circulación oceánica a partir de datos obtenidos por satélite

Proyectos piloto que ejecutarán los participantes en el segundo curso

1. Movimiento de los ciclones tropicales cerca de Filipinas utilizando imágenes del vapor de agua de satélites meteorológicos geostacionarios
2. Intensidad de los ciclones tropicales y predicción de su trayectoria utilizando datos del RAMAR de la NOAA
3. Estudio de la predicción de la trayectoria de los ciclones tropicales en la región vietnamita, utilizando satélites meteorológicos estacionarios
4. Determinación de las características oceánicas y atmosféricas a partir de datos del RAMAR de la NOAA
5. Estudio de las temperaturas y vientos de la superficie del Océano Índico utilizando el sensor especial de imágenes por microonda de la Misión de Medición de las Lluvias Tropicales (TRMM) y datos del RBMCM del satélite de teleobservación P4 de la India
6. Recuperación de perfiles de la humedad a partir de los datos sobre vapor de agua del RBMCM utilizando el método de análisis de la función octogonal empírica
7. Estudio de los datos sobre la temperatura de brillo del RBMCM en la India y Kazajstán y su potencial para estimar la humedad del suelo en grandes zonas
8. Perfil de la humedad y la temperatura a partir de los datos obtenidos por satélite de la sonda vertical operacional del TIROS y su comparación con los datos de radiosondas y de los Centros Nacionales de Predicción Ambiental (CNPA)
9. Perfil de la humedad y la temperatura elaborado con ayuda del paquete de la sonda vertical operacional del TIROS de la NOAA y una comparación con los datos de los CNPA y el Meteosat
10. Climatología de Mongolia utilizando datos del Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas de la red de CNPA
11. Estimación de las precipitaciones atmosféricas en la región de la India derivada del sensor especial de imágenes por microondas del Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa y del RBMCM del satélite de teleobservación P4 de la India

12. Ciclo diurno de lluvias durante el monzón asiático de verano utilizando observaciones de la Misión de Medición de las Lluvias Tropicales (TRMM)
13. Clasificación multiespectral de las nubes utilizando observaciones de la TRMM para mejorar la estimación de las lluvias con la aplicación de técnicas visibles y de infrarrojo
14. Estudio de las perturbaciones atmosféricas occidentales utilizando datos de satélites
15. Verificación de distintas previsiones modelo en Kazajstán mediante el análisis de datos obtenidos por satélite
16. Comparación de la predicción modelo de alcance ampliado con datos del Oceansat-1
17. Estudio comparativo del estado del mar estimado mediante datos de satélites y previsiones tradicionales de flota en el Mar Árabe
18. Vigilancia mediante satélites de la temperatura de la superficie del mar durante el fenómeno de El Niño y vinculación con las lluvias en Indonesia
19. Vigilancia de la nieve en los Himalayas occidentales
20. Vigilancia de la vegetación mediante el empleo de datos multitemporales de satélites de baja resolución (y de las condiciones meteorológicas) en la península de Corea
21. Vigilancia de los principales cultivos en la República Popular Democrática de Corea utilizando datos de satélites de los canales 1 y 2 del RAMAR de la NOAA

Cuadro 4

Evolución del programa de estudios sobre meteorología por satélite (teoría)

Módulo	Título del submódulo	Primer curso	Segundo curso	Tercer curso
		Número de horas		
1	Conceptos en la meteorología	45	30	30
	Técnicas matemáticas	-	20	10
	Conceptos en el campo de los satélites	49	45	40
	Aplicaciones de los satélites	32	35	45
	Transferencia radiactiva y aplicaciones de los datos digitales	63	60	25
2	Clima y medio ambiente	52	40	40
	Asimilación de datos	32	30	60
	Orientación	28	20	15
Orientación		-	20	35
Total		301	300	300

Nota: En los ejercicios de laboratorio se insiste más en los productos de información de los satélites operacionales. Los datos obtenidos recientemente mediante la teleobservación de microondas se presentan en forma más detallada. En el tercer curso se está haciendo especial hincapié en la validación de los datos obtenidos por satélite y su utilización en modelos numéricos.

Anexo II

Material didáctico recomendado

Barrett, E. C., y D. W. Martine. The use of satellite data in rainfall monitoring. Londres, Academic Press, 1981.

Images in weather forecasting: A practical guide for interpreting satellite and radar imagery. M. J. Bader *et al*, eds. Cambridge, Cambridge University Press, 1995.

Henderson-Sellers, A., y K. McGuffie. A climate modeling primer. 2. ed. Nueva York, John Wiley and Sons, 1997.

Houze, Jr., R. A. Cloud dynamics. San Diego, Academic Press, 1993.

Kidder, S. Q., y T. H. Vonder Haar. Satellite meteorology: An introduction. San Diego, Academic Press, 1995.

Kondratyev, K. Ya., y A. P. Cracknell. Observing global climate change. Londres y Bristol, Taylor and Francis, 1998.

Centre for Space Science and Technology Education in Asia and the Pacific. Lecture notes on satellite meteorology. 1: Basics, 2: Retrievals, 3: Modeling Climate Change.

Impreso por el Centro de Aplicaciones Espaciales, Organización de Investigaciones Espaciales de la India, 2000.

Liou, K. N. An introduction to atmospheric radiation. Nueva York, Academic Press, 1980.

Menzel, W. P. Notes on satellite meteorology. Ginebra, Organización Meteorológica Mundial, 1997. (WMO/TD 824, SAT-17)

Robinson, I. S. Satellite oceanography. Chichester, Ellis Horwood, 1985.

Rao, P. K., *et al*. Weather satellites: Systems, data, and environmental applications. Boston, American Meteorological Society, 1990.

Trenberth, K. E., ed. Climate system modeling. Cambridge, Cambridge University Press, 1992.

Ulaby, F. T., R. K. Moore y A. K. Fung. Microwave remote sensing: Active and passive. II: Radar remote sensing and surface scattering and emission theory. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Company, 1981.

Organización Meteorológica Mundial, Preliminary statement of guidance regarding how well satellite capabilities meet WMO user requirements in several application areas. Ginebra, WWW/SAT, 1998. (WMO/TD/913, SAT-21)