



Asamblea General

Distr. limitada
14 de marzo de 2002
Español
Original: inglés

Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

Centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales (afiliados a las Naciones Unidas)

Plan de estudios sobre meteorología por satélite y clima mundial

Índice

	<i>Párrafos</i>	<i>Página</i>
I. Introducción	1-5	2
II. Deliberaciones del grupo de trabajo sobre la meteorología por satélite y el clima mundial	6-35	3
A. Finalidad de los cursos en meteorología por satélite y clima mundial	8-12	3
B. Examen de los planes de estudios existentes y de la experiencia obtenida	13-26	5
C. Plan de estudio revisado para el curso de meteorología por satélite y clima mundial	27-35	8

Anexos

I. Curriculum for the first three courses	14
A. Modules	14
B. Practical exercises	18
C. Pilot projects	20
II. Recommended teaching material	24
III. Explanatory notes for the curriculum	25



I. Introducción

1. 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 patrocinadas 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.

2. 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.

3. 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.

4. El conocimiento detallado de la circulación atmosférica y de sus variaciones procede en gran parte del análisis de mediciones rutinarias hechas a diario con fines de predicción meteorológica operacional. Un componente de esa serie de datos de observaciones consiste en la medición de la velocidad y dirección del viento, la presión barométrica, la precipitación, la temperatura del aire y la humedad, con intervalos de tres horas, en varios miles de estaciones de superficie y en barcos mercantes en todo el mundo. Otro componente importante del archivo de datos son las mediciones recogidas de radiosondas situadas en globos no tripulados. Esas radiosondas son conjuntos de instrumentos que transmiten valores de presión, temperatura y humedad con intervalos específicos durante la ascensión del globo.

Siguiendo el globo visualmente o por radar, se puede determinar también la velocidad horizontal y la dirección del viento en función de la altura. Normalmente se hacen ascensiones de radiosondas una o dos veces diarias, en varios centenares de estaciones de todo el mundo. Las mediciones de los globos meteorológicos se limitan normalmente a las alturas inferiores a los 30 km.

5. Las mediciones de los globos son decisivas para explorar la estructura tridimensional de la circulación atmosférica, pero tienen limitaciones evidentes en cuanto a cobertura geográfica (en particular sobre los océanos). Las deficiencias de cobertura de las estaciones pueden llenarse hasta cierto punto mediante satélites meteorológicos. Los satélites geoestacionarios proporcionan observaciones bastante continuas de la capa de nubes sobre los trópicos y las latitudes medias. Los satélites de órbita polar relativamente baja transportan radiómetros que miden la radiación emitida en la alta atmósfera. Realizando esas mediciones en varias longitudes de onda, se puede obtener información sobre la estructura vertical de temperatura y humedad. Esos satélites proporcionan información a lo largo de la trayectoria de un satélite heliosíncrono, a medida que la Tierra gira debajo. De esa forma se logra una cobertura mundial, unas dos veces diarias.

II. Deliberaciones del grupo de trabajo sobre la meteorología por satélite y el clima mundial

6. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, en cooperación con la Agencia Espacial Europea, organizó la Reunión de expertos de las Naciones Unidas sobre los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales: situación actual y evolución futura, en Frascati (Italia), del 3 al 7 de septiembre de 2001. Uno de los objetivos principales de la reunión fue examinar y actualizar los planes de estudios de los centros regionales en cuatro esferas: teleobservación; meteorología por satélite; comunicaciones por satélite; y ciencia espacial.

7. El presente informe contiene las deliberaciones del grupo de trabajo sobre meteorología por satélite y clima mundial. 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.

A. Finalidad de los cursos en meteorología por satélite y clima mundial

8. 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.

9. 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.

10. 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 modelos 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.

11. 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.

12. 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.

B. Examen de los planes de estudios existentes y de la experiencia obtenida

13. Las Naciones Unidas han elaborado un modelo de plan 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

1. Primer curso

18. 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.

19. 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.

2. Segundo curso

20. El segundo curso de posgrado se celebró en el Centro de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales para Asia y el Pacífico, del 1º 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 plan 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.

21. 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.

22. 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).

3. Tercer curso

23. El tercer curso, que se está celebrando en el Centro de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales para Asia y el Pacífico, comenzó el 1º 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.

4. Ejercicios

24. 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.

5. Proyectos piloto

25. 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.

6. Evolución del plan de estudios

26. La elaboración de planes 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 plan 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.

C. Plan de estudio revisado para el curso de meteorología por satélite y clima mundial

1. Objetivos

27. 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.

28. 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.

2. Requisitos del programa

29. 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.

3. Estructura del plan de estudios

30. 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 participante. 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.

4. Conferencias y ejercicios prácticos

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

5. Equipo

32. 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
- 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

6. Invitación/cuestionario

33. 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.

7. Plan de estudios revisado

34. A continuación se presenta el plan 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

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

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 y abreviaturas**

35. Se acompaña como anexo II una lista de material docente recomendado, y en el anexo III figuran notas explicativas para los participantes.

Annex I

Curriculum for the first three courses

A. Modules

Table 1
First course at a glance

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of lectures</i>
1	Fundamentals of meteorology, climatology and remote sensing	
1.1	Concepts in meteorology and climatology	
	Basic concepts of meteorology	25
	Basic concepts of climatology	20
1.2	Concepts in satellite meteorology	
	Introduction to satellite meteorology	23
	Meteorological satellite orbits, instrumentation and data products	26
1.3	Applications of satellite imagery and digital image processing	
	Use of satellite imagery in meteorology and weather forecasting	15
	Statistics, digital image processing techniques and GIS	17
2	Advanced concepts in satellite meteorology, parameter retrieval and applications	
2.1	Radiative transfer and parameter retrieval	
	Concepts of radiative transfer	25
	Meteorological and oceanographic parameter retrieval	38
2.2	Applications using digital satellite data	
	Applications of digital satellite data in meteorology and weather forecasting	29
	Applications in oceanography	23
	Applications in climate studies	15
2.3	Environmental problems and numerical models	
	Environment issues and societal impacts	17
	Satellite data assimilation and modelling	28
3	Pilot projects (three months)	

Figure I
Percentage of time spent on each activity during the first course

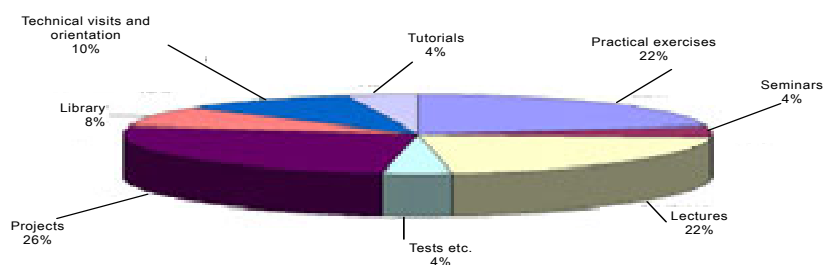


Table 2

Second course at a glance

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of lectures</i>
1	Fundamentals of meteorology, climatology and remote sensing (three months)	
1.1	Concepts in meteorology and climatology	
	Basic concepts of meteorology	20
	Basic concepts of climatology	10
1.2	Concepts in satellite meteorology	
	Mathematical and computational techniques for satellite meteorology	20
	Introduction to satellite meteorology	25
	Meteorological satellite orbits and instrumentation	20
1.3	Applications of satellite imagery and digital image processing	
	Use of satellite imagery in meteorology and weather forecasting	20
	Statistics, digital image processing techniques and GIS	15
2	Advanced concepts in satellite meteorology, parameter retrieval and applications (three months)	
2.1	Radiative transfer and parameter retrieval	
	Concepts of radiative transfer	30
	Meteorological and oceanographic parameter retrieval	30
2.2	Applications using digital satellite data	
	Applications of digital satellite data in meteorology and weather forecasting	25
	Applications in oceanography	15
	Satellite data assimilation and numerical models	10
2.3	Applications in climate and environmental studies	
	Climate studies	15
	Environment issues and societal impacts	15
2.4	Advanced applications (electives)	
	Advanced meteorological and oceanographic parameter retrieval	20
	Advanced applications in climate studies	20
	Advanced satellite data assimilation and modelling	20
3	Pilot projects (three months)	

Figure II

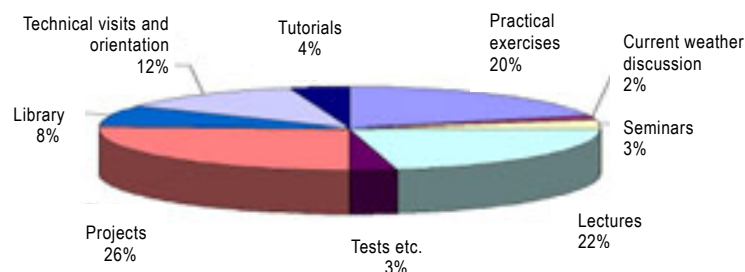
Percentage of time spent on each activity during the second course

Table 3
Third course

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of lectures</i>
1	Fundamentals of meteorology, climatology and remote sensing (three months)	
1.1	Concepts in meteorology and climatology	
1.1 MATH	Mathematical and computational techniques for satellite meteorology	20
	Matrices	
	Partial and total differential equations	
	Integral and derivatives	
	Basic concepts of statistics	
1.1 MET	Basic concepts of meteorology, climatology and oceanography	30
	Dynamic and physical meteorology	
	Extra-tropical weather systems	
	Tropical weather systems	
	Climate of the region	
	Ocean and climate	
1.2	Concepts in satellite meteorology	
1.2 SM	Radiative transfer in satellite meteorology	25
	Characteristics of electromagnetic radiation	
	Passive remote sensing	
	Active remote sensing	
	Parameter retrieval and validation	
1.2 MSI	Meteorological satellite orbits and instrumentation	15
	Orbits and navigation	
	Operational polar-orbiting satellites	
	Operational geostationary satellites	
	Other satellites	
	Satellite data archive	
1.3	Image processing and interpretation	
1.3 WF	Image interpretation in meteorology and weather forecasting	30
	Satellite imagery	
	Spectral properties	
	Identification of meso-scale systems	
	Tropical synoptic systems	
	Extra-tropical synoptic systems	
	Radar imagery	
1.3 DIP	Image processing techniques and GIS	15
	Map projection	
	Satellite positioning systems	
	Image registration, radiometric and geometric correction	
	Image classification	
	GIS	
2.1	Geophysical parameter retrieval	
2.1 AP	Atmospheric parameters	15
	Winds	
	Temperature profile	

<i>Module/ submodule</i>	<i>Topic</i>	<i>Number of lectures</i>
	Humidity profile	
	Precipitation	
	Outgoing longwave radiation	
	Clouds and aerosols	
2.2 LOP	Land and oceanic parameters	10
	Sea-surface temperature	
	Sea-surface winds	
	Vegetation index	
	Land-surface parameters	
2.2	Applications of satellite-derived parameters	
2.2 AWF	Applications in meteorology and weather forecasting	30
	Onset of monsoon	
	Intra-seasonal and inter-annual variability	
	Tropical cyclones	
	Extra-tropical cyclones	
	Drought monitoring	
	Air-sea interaction	
2.2 NM	Satellite data assimilation in numerical models	15
	General circulation models	
	Concepts of data assimilation	
	Satellite data assimilation	
	Impact of satellite data assimilation	
2.3	Global climate and environment	
2.3 SC	Short-term climate variability	25
	El Niño and tele-connection	
	Cloud climatology	
	Land-surface changes	
	Ozone and other trace gases	
2.3 LC	Long-term climate change	25
	Climate change	
	Greenhouse effect and global warming	
	Changes in cryosphere	
	Future climate scenario and satellite missions	
2.3 ESI	Environment issues and societal impacts	10
	Oceanic biological productivity	
	Coastal zone environment	
	Pollution	
	Disaster management	
	Mass communications	
3	Pilot projects (three months)	30

B. Practical exercises

1. List of practical exercises for the first course

Module 1. Operational meteorological satellite data handling and applications

1. Computer facilities and familiarization
2. Geostationary satellite (Indian National Satellite System (INSAT) and geostationary meteorological satellites (GMS)) data applications
3. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) advanced very high resolution radiometer (AVHRR) data applications
4. Cloud motion vectors from INSAT and their applications
5. Applications of satellite data in tropical cyclone intensity estimation
6. Applications of satellite data in tropical cyclone track prediction
7. Multimedia demonstration of Meteosat/Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES)/cyclone data
8. Visualization packages

Module 2. Parameter retrieval and numerical modelling

1. Estimation of outgoing longwave radiation (OLR) using INSAT very high resolution radiometer (VHRR) and GMS data
2. Estimation of daily and weekly rainfall using INSAT-VHRR data
3. Sea-surface temperature estimation from NOAA-AVHRR data and applications in oceanic circulation studies
4. Study of average layer humidity and temperatures over different regions using NOAA television and infrared observation satellite (TIROS) operational vertical sounder (TOVS) finished products
5. Processing of the International TOVS Processing Package (ITPP) 5 software for estimation of the temperature profile using NOAA/TOVS data
6. Interpretation of general circulation model results
7. Study of model simulation results from CO₂-doubling using general circulation models
8. Snow-cover estimation from NOAA-AVHRR data
9. Normalized vegetation index from NOAA-AVHRR data
10. Use of satellite meteorological data in GIS
11. Surface winds from scatterometer data
12. Sea level from altimeter data
13. Familiarization with the low resolution transmittance (LOWTRAN) calculation package

2. List of practical exercises for the second course

Module 1. Operational meteorological satellite data handling and applications

1. Computer facilities and familiarization
2. Geostationary satellite (INSAT, GMS) data applications
3. NOAA-AVHRR data applications
4. Cloud motion vectors from INSAT and their applications
5. Applications of satellite data in tropical cyclone intensity estimation
6. Applications of satellite data in tropical cyclone track prediction
7. Multimedia demonstration of Meteosat/GOES/cyclone data and visualization packages
8. Estimation of OLR using INSAT-VHRR and GMS data, Meteosat applications

Module 2. Parameter retrieval and numerical modelling

1. Estimation of daily and weekly rainfall using INSAT-VHRR data
2. Sea-surface temperature estimation from NOAA-AVHRR data and applications in oceanic circulation studies
3. Processing of the ITPP 5.01 software for estimation of the temperature profile using NOAA/TOVS data
4. Interpretation of general circulation model results
5. Snow cover, normalized vegetation index, sea ice, forest fire from NOAA-AVHRR data
6. Use of satellite meteorological data in GIS
7. Surface winds from scatterometer data
8. Familiarization with LOWTRAN package (demonstration)
9. Multichannel scanning microwave radiometer (MSMR) retrieval
10. Aerosol applications

3. Suggested list of practical exercises for the third course

Module 1. Operational meteorological satellite data handling and applications

1. Computer facilities and familiarization
2. INSAT-VHRR data applications
3. NOAA-AVHRR data applications
4. Visualization techniques
5. Cloud motion vectors from geostationary satellites and their applications
6. Applications of satellite data in tropical cyclone intensity estimation

7. Application of satellite data in tropical cyclone track prediction
8. Multimedia demonstration of Meteosat/GOES/cyclone data and visualization packages
9. Estimation of OLR using VHRR data and applications

Module 2. Parameter retrieval and numerical modelling

1. Estimation of daily and weekly rainfall using VHRR data
2. Sea-surface temperature estimation from NOAA-AVHRR data and applications in oceanic circulation studies
3. Estimation of the temperature and humidity profile using NOAA/TOVS data
4. Interpretation of general circulation model results
5. Snow cover, normalized vegetation index, sea ice, forest fire from NOAA-AVHRR data (demonstration)
6. Use of satellite meteorological data in GIS (demonstration)
7. Surface winds from scatterometer data (demonstration)
8. Familiarization with LOWTRAN package (demonstration)
9. Geophysical parameter retrievals from microwave radiometers
10. Objective analysis of wind
11. Objective analysis of temperature

C. Pilot projects

1. Pilot projects carried out by participants in the first course

1. Soil moisture estimation using the normalized difference vegetative index (NDVI) from NOAA/AVHRR data over Mongolia
2. Retrieval, validation and applications of the sea surface temperature (SST) around Sri Lanka using the European remote sensing satellite (ERS) along-track scanning radiometer (ATSR) data
3. Rainfall estimation using cloud indexing
4. Cloud analysis of western disturbances
5. Wildfire danger estimation and monitoring using NOAA-AVHRR, Indian Remote Sensing Satellite (IRS) and GIS techniques
6. NDVI and estimation of soil moisture over Bangladesh
7. Retrieval, validation and applications of atmospheric temperature and humidity profiles from NOAA/TOVS satellite sounding data over Mongolia
8. Tropical cyclone track prediction using cloud top temperature and chaos theory

9. Onset of monsoons over Nepal using satellite data
10. Rainfall estimation over Bangladesh and the Bay of Bengal by Arkin's method
11. Temperature and humidity profile over Uzbekistan using NOAA/TOVS data
12. Study of coastal upwelling in the Persian Gulf and Oman Sea
13. Rainfall estimation over the Indonesian region
14. Validation of NWP model output with satellite-derived products vis-à-vis conventional meteorological observations
15. Rainfall estimation over a cyclone using the cloud indexing technique
16. Break and active monsoon over Nepal
17. Ocean circulation modelling using satellite data

2. Pilot projects carried out by participants in the second course

1. Movement of tropical cyclones near the Philippines using GMS water-vapour imagery
2. Tropical cyclone intensity and track prediction using INSAT-VHRR data
3. Study of tropical cyclone track prediction over the Vietnamese region using GMS data
4. Identifying oceanic and atmospheric features from NOAA-AVHRR data
5. A study of sea-surface temperatures and sea-surface winds over the Indian Sea using the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) microwave imager and IRS-P4 MSMR data
6. Retrieval of humidity profiles from MSMR water vapour using the method of empirical orthogonal function analysis
7. Study of MSMR brightness temperature data over India and Kazakhstan and its potential for large-area soil moisture estimation
8. Humidity and temperature profile from NOAA/TOVS satellite data and its comparison with radiosonde and National Centers for Environmental Prediction (NCEP) data
9. Humidity and temperature profile from the NOAA/TOVS package and a comparison with NCEP and Meteosat data
10. Climatology of Mongolia using NCEP National Center for Atmospheric Research (NCAR) data
11. Rainfall estimation over the Indian region derived from the Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) special sensor microwave imager (SSM/I) and IRS-P4-MSMR
12. Diurnal cycle of rainfall during the Asian summer monsoon using TRMM observations
13. Multispectral cloud classification using TRMM observations for improving rainfall estimation from visible/infrared techniques

14. Study of western disturbances using satellite data
15. Verification of different model forecasts over Kazakhstan with the analysis and satellite data
16. Comparison of extended range model forecast with Oceansat-1 data
17. A comparative study of sea state estimated by satellite data and conventional fleet forecast over the Arabian Sea
18. SST monitoring during El Niño from satellites and linkage with rainfall over Indonesia
19. Snow monitoring over the western Himalayas
20. Vegetation monitoring using multi-temporal coarse resolution satellite (and weather) data over the Korean peninsula
21. Monitoring of major crops in the Democratic People's Republic of Korea using NOAA-AVHRR channel 1 and 2 satellite data

Table 4
Evolution of the satellite meteorology curricula (theory)

<i>Module</i>	<i>Submodule title</i>	<i>First course</i>	<i>Second course</i>	<i>Third course</i>
		<i>Number of hours</i>		
1	Concepts in meteorology	45	30	30
	Mathematical techniques	-	20	10
	Concepts in satellite	49	45	40
	Applications of satellite	32	35	45
2	Radiative transfer and	63	60	25
	Applications of digital data	52	40	40
	Climate and environmental	32	30	60
	Data assimilation	28	20	15
Orientation		-	20	35
Total		301	300	300

Note: In laboratory exercises, more stress is put on the data products from operational satellites. The recent microwave remote sensing data are introduced in more detail. Emphasis on the validation of satellite data and their use in numerical models is being introduced in the third course.

Annex II

Recommended teaching material

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

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

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

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

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

Kondratyev, K. Ya., and A. P. Cracknell. Observing global climate change. London and 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.

Printed by the Space Application Centre, Indian Space Research Organization, 2000.

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

Menzel, W. P. Notes on satellite meteorology. Geneva, World Meteorological Organization, 1997. (WMO/TD 824, SAT-17)

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

Rao, P. K., *and others*. 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 and 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.

World Meteorological Organization, Preliminary statement of guidance regarding how well satellite capabilities meet WMO user requirements in several application areas. Geneva, WWW/SAT, 1998. (WMO/TD/913, SAT-21)

Annex III

Explanatory notes for the curriculum

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
