Este módulo web es la adaptación del módulo en CD-ROM titulado <u>Satellite Meteorology: Using the GOES Sounder</u>, publicado originalmente por The COMET Program en 1998.

Lleva aproximadamente una hora estudiar esta presentación abreviada, que pasa reseña a las características de la sonda atmosférica del GOES, los productos derivados de los datos y las aplicaciones que corresponden a los satélites GOES I(8) a P. El módulo abarca temas tales como una descripción general del espectro electromagnético y de la selección de los canales de la sonda atmosférica, las funciones de ponderación para determinar temperatura y humedad, y la evaluación de los productos de la sonda atmosférica del GOES. Se incluyen ejemplos de imágenes y productos, así como varios ejemplos de casos abreviados que muestran cómo estos productos se usan en aplicaciones de análisis y pronóstico.

Índice

1. Introducción

2. Canales espectrales de la sonda atmosférica

Introducción

Espectro: regiones de absorción y ventanas atmosféricas Canales de la sonda atmosférica y regiones de absorción Descripción de los canales Resumen

3. Selección de los canales y funciones de ponderación

Introducción

Canales e imágenes de la sonda atmosférica del GOES Determinación de la temperatura y la humedad Variaciones en las imágenes de vapor de agua Estudio de áreas frías/secas y cálidas/húmedas Resumen

4. Actuación de la sonda atmosférica del GOES y calidad de los productos Introducción

Ventajas y diferencias entre las observaciones de la sonda atmosférica del GOES y las observaciones de radiosonda

Comparación de los datos recuperados del GOES con las observaciones de radiosonda Distribución geográfica de los sondeos del GOES y los modelos numéricos

Calidad y utilidad de los productos derivados: agua precipitable

Calidad y utilidad de los productos derivados: presión en la cima de las nubes

Calidad y utilidad de los productos derivados: índice de elevación Resumen

5. Casos de estudio

5.1 3 de abril de 1996: Tormentas severas sobre las planicies del sur de EE.UU. Resolución espacial, cobertura y tendencias en las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica

Introducción

Análisis de fondo: imágenes de 6,7 micrómetros

Cuatro imágenes de índice de elevación

Secuencia de índice de elevación

Índice de elevación del GOES con datos de radiosondas superpuestos

Agua precipitable del GOES con datos de radiosondas superpuestos

Cuatro imágenes de agua precipitable del GOES

Secuencia de agua precipitable del GOES con datos de radiosondas superpuestos Resumen

5.2 18 de julio de 1996: tornado y tormentas severas en Oakfield, Wisconsin Resolución espacial, cobertura y tendencias en las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica

Introducción Secuencia de imágenes visibles de 1 km Secuencia de agua precipitable Secuencia de índice de elevación Imágenes visibles de 1 km Observación de gradientes de humedad en secuencias de agua precipitable Agua precipitable del GOES 8 con datos de radiosondas superpuestos Comparación de imágenes VIS e índice de elevación del GOES 8 Resumen

5.3 22 de mayo de 1995: breve caso VORTEX de línea seca sobre el sur del Medio Oeste de EE.UU.

Cobertura y tendencias de humedad atmosférica en las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica

Introducción

Comparación del campo de primera aproximación de agua precipitable del modelo NGM con los datos recuperados del GOES y los datos de superficie

Comparación del paso de una línea seca: datos del GOES y de superficie frente a imágenes del modelo NGM

Comparación de gradientes de humedad: datos del GOES y de observaciones de radiosondas frente a imágenes del modelo NGM

Comparación de gradientes de humedad: datos del GOES y de observaciones de radiosondas

Resumen

5.4 20 de marzo de 1996: agua precipitable sobre el Golfo de México Resolución y cobertura espacial

Introducción

Comparación del agua precipitable del GOES y de las observaciones de radiosondas Comparación del agua precipitable del SSM/I y de las observaciones de radiosondas Resumen

5.5 28 de mayo de 1996 y 22 de octubre de 1997: repercusiones en el modelo Eta

Campos de vientos y humedad

Introducción

Presión en la cima de las nubes del GOES y campo de agua precipitable de 12 horas del modelo Eta

Datos de la sonda atmosférica del GOES y pronósticos del modelo Eta

Comparación de pronósticos de agua precipitable con y sin datos del GOES Repercusión de los datos de la sonda atmosférica del GOES en los pronósticos de precipitación de 24 horas

Índice de amenaza corregido e índice de sesgo de amenaza mediante los datos de la sonda atmosférica del GOES

Resumen

5.6 10 de febrero de 1997: repercusiones en el modelo CRAS (de investigación) Altura de las nubes y campos de humedad

Introducción

Comparación de pronósticos de nubes del modelo CRAS con y sin datos del GOES Comparación de pronósticos de vapor de agua del modelo CRAS con y sin datos del GOES

Resumen

5.7 Matriz de aplicación de casos de estudio

6. Secuencia de 19 canales

7. Resumen del módulo

1. Introducción

La serie de satélites geoestacionarios GOES I a P apoya la meteorología operativa y la monitorización del ambiente espacial mediante las observaciones obtenidas con un conjunto de instrumentos que comprende un generador de imágenes visibles/infrarrojas, una sonda atmosférica infrarroja y equipo de observación del ambiente espacial. Esta serie de satélites fue inaugurada con el lanzamiento del GOES 8 el 13 de abril de 1994 y su cobertura está programada hasta la implementación de los satélites de la serie GOES-R de próxima generación, cuyo lanzamiento está previsto para el año 2012.

La sonda atmosférica del GOES, que comprende 18 canales infrarrojos y 1 canal visible, fue diseñada para obtener datos que permitieran deducir mediante el análisis matemático perfiles de temperatura y humedad atmosférica, temperaturas de la superficie y en la cima de las nubes, y distribuciones de ozono. La sonda atmosférica opera de forma independiente y simultánea con el generador de imágenes, y proporciona canales y capacidades de generación de perfiles atmosféricos nunca antes disponibles en un satélite geoestacionario.



Satélites de la serie GOES I a P

Descripción general del módulo

Este módulo cubre las características, los productos de datos y las aplicaciones de la sonda atmosférica de los satélites GOES I(8) a P. Las distintas secciones del módulo presentan los aspectos siguientes:

Espectro y canales

Describe las diversas ventanas atmosféricas y regiones de absorción dentro de la porción infrarroja del espectro electromagnético muestreado por la sonda atmosférica del GOES.

Selección de los canales

Examina en detalle los canales de la sonda atmosférica y explica la utilidad del concepto de funciones de ponderación para comprender la relación entre las observaciones de la sonda atmosférica y los perfiles verticales de temperatura y humedad atmosférica.

Actuación de la sonda atmosférica

Presenta los productos de la sonda atmosférica del GOES y los compara con las observaciones de radiosonda y los pronósticos de predicción numérica del tiempo (PNT), y describe cómo los datos de la sonda atmosférica pueden brindar información valiosa y complementaria para los pronósticos y modelos de pronóstico.

Casos de estudio

Presenta seis ejemplos breves de casos que ilustran cómo los productos de la sonda atmosférica se pueden usar en aplicaciones de análisis y pronóstico.

El módulo concluye con un resumen y una secuencia animada de los 19 canales que resalta las mediciones de la sonda atmosférica a través de una serie de imágenes tomadas a lo largo de 36 horas.

Objetivos de aprendizaje

Este módulo presenta las capacidades y los productos disponibles de la sonda atmosférica de los actuales satélites GOES (I)8 a P. El estudio de este módulo mejorará su capacidad para:

identificar los canales espectrales de la sonda atmosférica del GOES y sus funciones; describir las propiedades y limitaciones de varios productos de la sonda atmosférica del GOES; describir el impacto de los datos de la sonda atmosférica del GOES en los modelos numéricos; interpretar las imágenes de agua precipitable, índice de elevación y otras imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica del GOES;

integrar las imágenes y los productos derivados de la sonda atmosférica del GOES con otros tipos de datos, como los análisis y pronósticos de modelo numérico, los datos de la atmósfera superior y las observaciones de superficie;

aplicar los productos de la sonda atmosférica del GOES y las imágenes de productos derivados a

situaciones de pronóstico específicas.

2. Canales espectrales de la sonda atmosférica

Introducción

Los gases atmosféricos, como el dióxido de carbono, el ozono y el vapor de agua, absorben y vuelven a emitir la radiación infrarroja de forma selectiva. La absorción por parte de un gas en particular de la radiación emitida por la Tierra puede variar mucho según la longitud de onda dentro de determinadas <u>regiones de absorción</u>. Existen varias de estas regiones a lo largo de la porción infrarroja del espectro, intercaladas entre regiones de las <u>ventanas</u> <u>atmosféricas</u> en las cuales la radiación se transmite con poca atenuación.



Espectro: regiones de absorción y ventanas atmosféricas

La <u>atenuación</u> de la radiación emitida hacia el espacio por un gas es más fuerte cerca del centro de una <u>región de</u> <u>absorción</u>. Por lo tanto, cerca del centro de la región de absorción la <u>radiancia</u> hacia el espacio suele corresponder a temperaturas de brillo (o de emisión) más frías del satélite, lo cual indica que esa energía es emitida desde niveles más altos de la troposfera.

El dióxido de carbono absorbe fuertemente la radiación emitida hacia el espacio en dos regiones <u>espectrales</u> infrarrojas, una centrada en 15 micrómetros y la otra en 4,3 micrómetros. El calentamiento que se produce con la altura arriba de la tropopausa provoca el pico en el centro de la banda de absorción de 15 micrómetros.

En las longitudes de onda más alejadas del centro de una región de absorción, las <u>temperaturas de brillo</u> aumentan a medida que disminuye la absorción del gas y que la radiación desde los niveles inferiores de la troposfera alcanza el satélite.

La selección de varios canales espectrales entre el centro y el lado de una región de absorción nos permite explorar distintos niveles de profundidad de la atmósfera, lo cual significa que es posible medir las variaciones de temperatura y humedad con la altura.



Regiones de absorción de CO₂ centradas en 15 μm con detalle que resalta las regiones del centro y un lado. La radiación de 14,7 μm, cerca del centro de esta región de absorción, corresponde a niveles estratosféricos de la atmósfera, mientras que las emisiones de lado de esta región, a 13,4 μm, corresponden a los niveles inferiores y medios de la atmósfera.

Canales de la sonda atmosférica y regiones de absorción



Temperaturas de brillo de los espectros de emisión de la Tierra de las longitudes de onda entre 600 y 2700 µm (arriba)

con las correspondientes bandas espectrales de la sonda atmosférica del GOES I(8) a P (abajo).

Los recuadros amarillos enmarcan las regiones de absorción de dióxido de carbono, ozono y vapor de agua. Las flechas azules indican el centro de las regiones de absorción de CO₂ y H₂O. Las zonas en gris indican las ventanas atmosféricas centradas en 11, 3,98 y 3,74 µm.

La sonda atmosférica del GOES 8 y 9 mide las <u>radiancias</u> en un canal visible y en 18 canales <u>espectral</u>es infrarrojos. Muchos de los canales espectrales fueron seleccionados por su sensibilidad al dióxido de carbono, ozono y vapor de agua presente en la atmósfera. Los canales de las ventanas atmosféricas se hallan en regiones espectrales en las cuales la atmósfera es relativamente transparente o no absorbente. Las estimaciones de la temperatura de la capa superficial, y de la temperatura y presión en la cima de las nubes depende de las mediciones de radiancia realizadas con estos canales. A medida que las longitudes de onda se acercan al centro de una <u>región de absorción</u>, la atmósfera se torna paulatinamente más opaca. A medida que la atmósfera se vuelve más opaca, las radiancias observadas provienen de niveles más altos de la atmósfera.

Descripción de los canales

La selección cuidadosa de los canales <u>espectral</u>es en las <u>regiones de absorción</u> creadas por gases tales como el dióxido de carbono, el ozono y vapor el de agua nos permite recuperar variaciones verticales de temperatura y humedad. La tabla siguiente presenta un resumen de los distintos valores de longitud de onda, número de onda, región espectral y aplicaciones de los varios canales de la sonda atmosférica.

Canal	Longitud de onda (µm)	Número de onda	Región espectral / aplicación
1	14,7	680	CO ₂ , temperatura en la estratosfera
2	14,4	696	CO ₂ , temperatura en la estratosfera
3	14,1	711	CO ₂ , temperatura en la troposfera superior
4	13,6	733	CO ₂ , temperatura en la troposfera media
5	13,4	748	CO_2 , temperatura en la troposfera inferior
6	12,7	790	vapor de agua, humedad en la troposfera inferior
7	12,0	832	vapor de agua, ventana "sucia" (contaminada por la humedad)
8	11,0	907	ventana atmosférica, temperatura de la cima de las nubes y de superficie
9	9,7	1030	O ₃ , ozono en la estratosfera
10	7,4	1345	vapor de agua, humedad en los niveles bajos a medios de la troposfera
11	7,0	1425	vapor de agua, humedad en los niveles medios de la troposfera
12	6,5	1535	vapor de agua, humedad en los niveles altos de la troposfera
13	4,57	2188	CO ₂ , temperatura en la troposfera inferior
14	4,52	2210	CO_2 , temperatura en la troposfera media
15	4,45	2248	CO ₂ , temperatura en la troposfera superior
16	4,13	2420	CO ₂ , temperatura en la capa límite planetaria
17	3,98	2513	ventana atmosférica, temperatura de la cima de las nubes y de superficie
18	3,74	2671	ventana atmosférica, temperatura de la cima de las nubes y de superficie

Puede comparar las imágenes de todos los canales de la sonda atmosférica con la <u>Secuencia de 19 canales</u>, la cual contiene miniaturas de imágenes obtenidas con cada uno de estos 18 canales, además del canal visible (VIS) del generador de imágenes del GOES.

Resumen

La radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra y la atmósfera terrestre varía en función de la longitud de onda.

La atenuación de la energía emitida hacia el espacio por un gas varía en función de la longitud de onda debido a la absorción selectiva del gas.

El dióxido de carbono, el vapor de agua y el ozono de la atmósfera crean regiones espectrales de absorción de las radiancias emitidas por la Tierra y por la atmósfera.

Las ventanas atmosféricas, donde la absorción es mínima, se encuentran entre 3,7 y 4 micrómetros y entre 8 y 12 micrómetros.

Existen regiones de absorción provocadas por el ozono (centrada en 9,7 micrómetros), el vapor de

agua (centradas en 6,5 y 12,5 micrómetros) y el dióxido de carbono (centradas en 15 y 4,3 micrómetros).

Las sondas atmosféricas del GOES I(8) a P miden las radiancias en un canal visible y en 18 canales espectrales infrarrojos. Muchos de los canales espectrales son sensibles al dióxido de carbono, al vapor de agua y al ozono en la atmósfera.

Los canales espectrales de distintas partes de las regiones de absorción del dióxido de carbono se usan para medir el cambio en la temperatura atmosférica que se produce con la altura (sondeo). Los cambios en la humedad que se dan con la altura se miden mediante los canales de las regiones de absorción de vapor de agua.

Volver al comienzo de la página

3. Selección de los canales y funciones de ponderación

Introducción

Una <u>función de ponderación</u> especifica los aportes relativos a la <u>radiancia</u> saliente de varios niveles de la atmósfera y, por tanto, determina la capa atmosférica que se detecta para un determinado canal espectral.

A continuación se muestra la función de ponderación para un intervalo de longitud de onda dado. Observe que hay una cantidad considerable de radiación disponible en la atmósfera inferior, pero, como indica la banda estrecha, sólo una pequeña cantidad alcanza el nivel superior. A medida que pasa por la atmósfera, esta radiación encuentra cantidades grandes de gas absorbente, que determina la <u>profundidad óptica</u>.

Funciones de ponderación y aportes de energía de los niveles inferior, medio y superior de la atmósfera

En los niveles medios de la atmósfera la radiancia es menor, porque la atmósfera se enfría con la altura en la troposfera. No obstante, debido a la presencia de cantidades menores de gases absorbentes en la atmósfera arriba de esta capa, el porcentaje de dicha radiancia que alcanza las partes superiores de la atmósfera es mayor. Esto también explica por qué la mayor contribución a la radiancia observada proviene de esta capa de nivel medio. La radiancia de este nivel de presión está asociada con el valor máximo de la función de ponderación.

Aunque la <u>transmitancia</u> de energía arriba de la capa troposférica superior es fuerte, la radiancia de la capa es débil, debido a las bajas temperaturas que hallamos a esta altitud. Por lo tanto, esta capa contribuye en muy poca medida a la función de ponderación

Canales e imágenes de la sonda atmosférica del GOES

Cada función de ponderación representa las contribuciones de <u>radiancia</u> de unas capas atmosféricas que varían en altitud y profundidad. Las <u>funciones de ponderación</u> ubicadas dentro de <u>regiones de absorción</u> espectrales específicas alcanzan su máximo en niveles progresivamente más altos en la atmósfera a medida que el canal del GOES se acerca al centro de la región de absorción. A medida que aumenta la <u>absorción</u>, la radiancia proveniente de los niveles atmosféricos inferiores queda más <u>atenuada</u> y las contribuciones a la radiancia observada se originan de niveles atmosféricos más altos.

Una absorción más fuerte implica una mayor atenuación de la radiancia de los niveles atmosféricos inferiores y, por tanto, una mayor contribución a la radiancia detectada de los niveles atmosféricos más altos.

Para generar un sondeo, se utiliza un grupo de canales <u>espectral</u>es seleccionados para detectar la radiación emitida por capas sucesivamente más altas de la atmósfera. El espectro en el nivel superior indica las ubicaciones espectrales y las regiones de absorción de cada uno de los canales del GOES dentro de las regiones de ondas cortas, medias y largas del espectro infrarrojo. Observe que las funciones de ponderación de ondas cortas y largas se ven afectadas principalmente por la absorción de dióxido de carbono, mientras que las funciones de ponderación de ondas medias se ven afectadas por la absorción de vapor de agua y ozono.

Las funciones de ponderación son útiles para demostrar una diferencia importante entre las mediciones de la sonda atmosférica y de las radiosondas. Mientras las radiosondas miden la temperatura y humedad en niveles discretos de la atmósfera, la sonda atmosférica distingue la temperatura y humedad media de distintas capas atmosféricas.

Esta tabla muestra las funciones de ponderación y ejemplos de imágenes de los 18 canales infrarrojos de la sonda atmosférica.

Canal	Imágenes de ejemplo	Funciones de ponderación				
1	GOES-8, sonda atmosférica, canal 1, CO ₂	10 20 30 50 70 100 50 200 500 500 500 500 500 500 700 850 1000 dT/dp NOAA / CIMSS				













Determinación de la temperatura y la humedad

Las <u>funciones de ponderación</u> de la derecha muestran que tanto el canal 3 de la <u>región de absorción</u> de dióxido de carbono de 14,1 micrómetros como el canal 12 de la región de absorción de vapor de agua de 6,5 micrómetros registran sus máximos a alturas similares en la troposfera superior.







Canal 12 de H₂O del GOES 8

Ambos canales son sensibles a las nubes en los niveles medios y superiores. Sin embargo, debido a la variabilidad del vapor de agua en la troposfera superior, en el canal de vapor de agua las <u>temperaturas de brillo</u> exhiben mucha más variación que en el canal de dióxido de carbono.

La representación tridimensional de la función de ponderación del canal 12 en una región de absorción de vapor de agua muestra que la función de ponderación y, por consiguiente, las contribuciones de <u>radiancia</u>, varían con la altura a medida que varía la humedad en la atmósfera superior.



Canal 3 de CO₂ del GOES 8 con representación 3D de la función de ponderación de 14,1 µm



Canal 12 de H₂O del GOES 8 con representación 3D de la función de ponderación de 6,5 µm

Donde hay menos vapor de agua, el satélite detecta las temperaturas más cálidas correspondientes a las regiones más bajas de la atmósfera, las cuales se ven como zonas más oscuras en la imagen. Como el dióxido de carbono se halla distribuido de manera uniforme, los gradientes en la imagen del canal 3 de dióxido de carbono están más bien relacionados con gradientes de temperatura horizontal dentro de las capas superiores de la troposfera que corresponden a superficies <u>isobáricas</u>.

Variaciones en las imágenes de vapor de agua

La gran variabilidad del vapor de agua en la troposfera significa que un determinado <u>canal espectral</u> del GOES ubicado en la <u>región de absorción</u> de vapor de agua es sensible a la estructura espacial de la temperatura y humedad. Por ejemplo, la variabilidad de la humedad en la troposfera superior se puede aislar mejor de los efectos de un gradiente de temperatura horizontal restando las <u>temperaturas de brillo</u> del canal 3 de las del canal 12.



Canales 3 y 12 del GOES 8



Canal 12 del GOES 8 con imagen de diferencia del canal 12 menos el canal 3

Compare las imágenes de los canales 12 y 3 con la imagen de la diferencia. Observe como en comparación con la imagen del canal 12 de vapor de agua (izquierda), en la imagen en la cual se ha restado el canal 3 del canal 12 (derecha) quedan resaltados los detalles del campo de temperatura de brillo relacionados con las variaciones de humedad.

Estudio de áreas frías/secas y cálidas/húmedas

Utilizaremos los datos del caso del 6 de marzo de 1996 para examinar cómo las <u>temperaturas de brillo</u> y las <u>funciones de ponderación</u> de la sonda atmosférica del GOES responden frente a los cambios de temperatura y humedad.



Imagen del canal 8 del GOES 8 con transecta, las ubicaciones de las observaciones de radiosonda y los datos recuperados de la sonda atmosférica del GOES

En la imagen del canal 8 de la ventana atmosférica de 11 micrómetros del GOES (izquierda) hemos trazado una transecta que se extiende desde Montana hasta un punto en el Golfo de México. Las condiciones a lo largo de la transecta van de frías y secas en el norte a cálidas y húmedas en el sur. Los perfiles de radiosonda en el diagrama de la derecha corresponden a dos lugares a lo largo de la transecta y dentro de las dos masas de aire contrastantes. La ubicación en Kansas (DDC) se halla dentro de la masa de aire fría y seca y la otra, sobre la costa del Golfo de México (LCH), está dentro de la masa de aire cálida y húmeda.

La gráfica de la izquierda, a continuación, muestra las curvas de temperatura de brillo de los canales 1 a 5 de dióxido de carbono y del canal 8 de ventana atmosférica que corresponden a la transecta. En la gráfica de la derecha se muestran dos conjuntos de funciones de ponderación, uno de los cuales representa las condiciones en la masa de aire fría y seca, y el otro las de la masa de aire cálida y húmeda.



Izquierda: temperaturas de brillo a lo largo de la transecta de la ventana atmosférica del canal 8 y los canales 1 a 5 de CO₂ del GOES 8 Derecha: funciones de ponderación correspondientes de las masas de aire húmeda y seca

Para los canales 3, 4 y 5 de dióxido de carbono y la ventana atmosférica del canal 8, es evidente un calentamiento progresivo de la troposfera de norte a sur. Sin embargo, la inversión del gradiente de temperatura indica que los canales 1 y 2 parecen alcanzar su máxima arriba de la tropopausa.

Como suponíamos, la posición vertical de las funciones de ponderación del dióxido de carbono parece relativamente poco sensible a los aumentos de humedad entre la masa de aire húmeda y la seca. Esto nos permite usar las temperaturas de brillo del canal de dióxido de carbono para interpretar directamente la estructura horizontal de la temperatura. Por lo general, la separación de la temperatura de brillo entre las curvas de temperatura de brillo individuales se asemeja a los cambios en el patrón de profundidad entre la masa de aire fría y seca y la masa de aire cálida y húmeda.

Las funciones de ponderación de vapor de agua de los canales 10 a 12 (abajo) son sensibles a los cambios de humedad. Observe como las funciones de ponderación suben a medida que aumenta la altura dentro de la masa de aire más húmeda. Una mayor humedad en la totalidad de una capa profunda absorbe una mayor cantidad de la radiancia proveniente de abajo, lo cual produce temperaturas de brillo menores desde los niveles más altos. Las temperaturas de brillo de los canales de vapor de agua generan una mezcla compleja de información. Los gradientes de las temperaturas de brillo observadas revelan variaciones horizontales y verticales tanto de temperatura como de humedad.



Izquierda: temperaturas de brillo a lo largo de la transecta para la ventana atmosférica del canal 8 y los canales 10 a 12 de H₂O del GOES 8 Derecha: funciones de ponderación correspondientes de las masas de aire húmeda y seca

Los picos descendentes en las curvas de temperatura de brillo corresponden a las varias bandas de nubes en los niveles medios y altos que intersecan la transecta. A medida que los canales de sondeo se tornan menos sensibles a la radiación de la troposfera inferior, sus funciones de ponderación alcanzan su pico en un lugar más alto de la atmósfera y se reducen las diferencias en la temperatura de brillo entre cielos nubosos y despejados.

Resumen

El sondeo se logra por medio de un grupo de canales espectrales que detectan la radiación emitida desde capas sucesivamente más altas en la atmósfera.

Se utilizan los canales espectrales dentro de las regiones de absorción del dióxido de carbono para efectuar el sondeo de los cambios de temperatura con la altura.

El sondeo de humedad se logra por medio de canales ubicados en las regiones de absorción de vapor de agua.

La función de ponderación representa la capa atmosférica en la que se originó la radiación.

El pico de la función de ponderación ocurre en el nivel de presión que aporta la mayor parte de la radiancia detectada por el satélite.

Las contribuciones de los canales espectrales individuales provienen de capas profundas y superpuestas.

Volver al comienzo de la página

4. Actuación de la sonda atmosférica del GOES y calidad de los productos

Introducción



Ejemplos de productos de la sonda atmosférica del GOES

Esta sección describe la actuación de la sonda atmosférica del GOES, la calidad de los productos y algunos de los muchos beneficios que las observaciones de la sonda atmosférica aportan al análisis y pronóstico meteorológico operativo.

Con muy contadas excepciones, las sondas atmosféricas del GOES están satisfaciendo o superando las expectativas en materia de relación señal a ruido, calibración y navegación. La calidad general de las mediciones y los productos derivados de la sonda atmosférica del GOES se ha comprobado mediante su comparación con observaciones independientes. En esta sección, presentamos los resultados de los estudios de verificación, los cuales sugieren que la sonda atmosférica del GOES puede agregar una cantidad considerable de información valiosa para el proceso de pronóstico a los datos que ya están disponibles de otras fuentes.

El Servicio Nacional de Meteorología (National Weather Service, o NWS) de EE.UU. utiliza los productos de la sonda atmosférica y la información de los productos para aumentar la exactitud de los pronósticos inmediatos y de plazo más largo. Los sondeos del GOES brindan mejores representaciones de la inestabilidad atmosférica y su evolución para las aplicaciones de tiempo severo. Los pronósticos numéricos de precipitación, nubes y temperaturas están mejorando como resultado de la incorporación de los datos de humedad y nubes del GOES, y la información sobre nubes de la sonda atmosférica del GOES complementa las observaciones del Sistema Automatizado de Observación en Superficie (Automated Surface Observing System, ASOS) en los niveles medios y altos de la troposfera.

Ventajas y diferencias entre las observaciones de la sonda atmosférica del GOES y las observaciones de radiosonda

Ventajas de las observaciones de la sonda atmosférica del GOES

Observaciones horarias sobre el territorio continental de EE.UU., lo cual contribuye a eliminar la carencia de datos de otros sistemas para ciertos momentos (<u>Haga clic aquí para ver un mapa de la cobertura de la sonda atmosférica de los satélites GOES East y West</u>.)

Recuperaciones de datos disponibles cada 10 km bajo condiciones de cielo despejado (<u>Haga clic aquí</u> para ver un mapa de la cobertura de recuperación de datos de la sonda atmosférica de los satélites <u>GOES West y East</u>.)

Temperaturas equivalentes de ruido muy exactas (menos de 0,2 °C) en los canales de ondas cortas y medias

Temperaturas equivalentes de ruido muy buenas (menos de 0,8 °C) en los canales de ondas largas (Haga clic aquí para ver una gráfica de las temperaturas equivalentes de ruido del GOES para los canales de ondas cortas, medias y largas.)

Calibración dentro de 1,5 °C para la mayoría de los canales. [Haga clic aquí para ver una gráfica de

las diferencias en la temperatura de brillo de la sonda atmosférica del interferómetro de alta resolución (High-resolution Interferometer Sounder, HIS) menos los canales de la sonda atmosférica del GOES 8(I).] Precisión de navegación de 3 km o menos

Cobertura que permite la representación casi constante de gradientes espaciales y temporales

Diferencias: GOES frente a radiosondas

GOES brinda medias de temperatura y humedad para las capas, en lugar de valores de temperatura y presión para niveles específicos. (<u>Haga clic aquí para ver una gráfica de las funciones de onda larga de la sonda atmosférica del GOES</u>.)

GOES suaviza las características verticales, pero captura muy bien el perfil vertical medio. (<u>Haga clic</u> aquí para ver un emagrama de comparación de los perfiles de temperatura y humedad de la sonda atmosférica del GOES y de la observaciones de radiosondas.)

El GOES genera mediciones que son promedios horizontales sobre distancias de 10 km, mientras que las observaciones de radiosondas son mediciones en puntos discretos.

Comparación de los datos recuperados del GOES con las observaciones de radiosonda

Debido a varios factores, la comparación de los <u>datos recuperados</u> por el GOES con las mediciones de radiosonda no produce equivalencias perfectas. En primer lugar, las mediciones de la sonda atmosférica del GOES son <u>volumétricas</u>, mientras las observaciones de radiosonda son mediciones puntuales. Además, las observaciones no coinciden perfectamente ni espacial ni temporalmente. Por estos motivos, las correspondencias entre los datos del GOES y los de las radiosondas se limitan a las observaciones que caen dentro de un margen de 0,25° de latitud y longitud y que ocurren dentro de una hora la una de la otra. Pese a estas diferencias, la comparación con las observaciones de radiosonda se ha vuelto la norma para validar los sondeos del GOES.

Un estudio de los datos recuperados por el GOES durante el período de once meses entre abril de 1996 y febrero de 1997 indica que dichos datos son más exactos que los pronósticos regionales de temperatura y humedad a corto plazo del NCEP, incluso cerca de la radiosonda. La gráfica que sigue muestra una comparación de los resultados para temperaturas en niveles discretos. Se muestran los valores de sesgo y media cuadrática de 1488 comparaciones en relación con las radiosondas, tanto para los datos recuperados como para el pronóstico. Las diferencias de media cuadrática de los datos recuperados en los niveles de 1000 a 200 hPa son ligera y coherentemente mejores que las de los valores de pronóstico. Por lo general, debido a la existencia de una densa red de radiosondas y a los pronósticos a corto plazo de alta calidad que se producen sobre Estados Unidos, los valores recuperados sobre tierra no alteran significativamente los perfiles de temperatura de la primera aproximación del pronóstico.



Verificación de temperaturas del GOES 8, de abril de 1996 a febrero de 1997

A continuación se muestran las diferencias respectivas de la media cuadrática para la humedad en niveles discretos. Las mejoras en el perfil de humedad son más importantes que para la temperatura. Esto implica que existe cierta capacidad de distinguir la distribución vertical de la humedad y también que el error de pronóstico a corto plazo es mayor. Para la temperatura del punto de rocío, la media cuadrática se ve reducida en todos los niveles en hasta 1 K en el nivel de 500 hPa. El sesgo se ve reducido en hasta 0,3 K entre 960 y 650 hPa.



Verificación de puntos de rocío del GOES 8, de abril de 1996 a febrero de 1997

Distribución geográfica de los sondeos del GOES y los modelos numéricos

En las regiones oceánicas, donde no contamos con observaciones de radiosondas, es común observar diferencias mucho mayores, en exceso del 100 %, entre los sondeos del GOES y los pronósticos del modelo. Esto indica que el potencial de que los sondeos del GOES influyan en los resultados de pronóstico del modelo en aquellas regiones para las cuales contamos con pocos datos es mucho mayor. La primera figura a continuación muestra la diferencia

que se obtiene al restar del campo de agua precipitable total de la sonda atmosférica del GOES el campo del pronóstico de 6 horas del modelo de mallas anidadas (Nested Grid Model, o NGM) para las 12 UTC del 20 de mayo de 1997. Se observan diferencias en exceso de 4 a 8 mm de humedad en las zonas sobre agua, mientras que las diferencias sobre el tierra firme oscilan entre 1 y 2 mm. Observe que los datos del GOES capturan muy bien la orientación de la lengua de aire húmedo sobre el Golfo de México.



Total de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES menos el agua precipitable del modelo NGM, 12 UTC del 20 de mayo de 1997



Comparación del total de agua precipitable del instrumento SSM/I y las estimaciones de total de agua precipitable del modelo NGM y de la sonda atmosférica del GOES para el 20 de mayo de 1997

La segunda de las dos figuras anteriores muestra los valores de microondas estimados para el vapor de agua precipitable a las 12:55 UTC del 20 de mayo de 1997 generados por el sensor especial y generador de imágenes de microondas (Special Sensor Microwave/Imager, o SSM/I). Las curvas de diferencia indican una mejor correspondencia entre el SSM/I y los datos recuperados del GOES que entre el SSM/I y el pronóstico del modelo NGM. Las diferencias en el error cuadrático medio (ECM) también indican que el SSM/I coincide más con los datos recuperados del GOES (5 mm) que con el pronóstico del modelo NGM (7 mm). Estos resultados se basan en la versión del algoritmo de recuperación de datos del GOES que fue implementada a nivel operativo por NOAA/NESDIS el 7 de febrero de 1997.

Calidad y utilidad de los productos derivados: agua precipitable

El estudio de comparación realizado para el período de abril de 1996 a febrero de 1997 muestra que se produce una gran mejora en la detección de la humedad cuando se comparan las diferencias entre los <u>datos recuperados</u> por la sonda atmosférica y los datos de las observaciones de radiosondas con las diferencias entre la primera aproximación del modelo y los datos de radiosondas. La mejora en el error cuadrático medio (ECM) del total de vapor de agua se aproxima al 20 %, de 3,3 a 2,6 mm, y refleja una mejor capacidad de detección de la humedad en toda la troposfera.

Verificación de los datos de humedad recuperados por el GOES-8. Las fechas van de abril de 1996 a febrero de 1997. Sólo se incluyen los datos recuperados a las 00 UTC. La distancia de coincidencia es 0,25 grados.								
El sesgo, la media cuadrática (MC) y el error cuadrático medio (ECM) se calculan respecto de las radiosondas (en mm). Sigma es la razón de presión sobre la presión superficial. El tamaño de la muestra es 1488.								
Sesgo **2	2 + MC	**2 =	ECN	/ **2				
	Estim	ació	n	Datos	recu	perad	os	
	Sesgo	МС	ECM	Sesgo	мс	ECM		
/apor de agua total	- 0.3	3.3	3.3	- 0.1	2.6	2.6		
/apor de agua 1 (superficie a 0,9 sign	na)- 0.9	1.6	1.8	- 0.7	1.5	1.6		
/apor de agua 2 (0,9 a 0,7 sigma)	0.2	2.1	2.1	0.3	1.7	1.7		
/apor de agua 3 (0,7 a 0,3 sigma)	0.3	1.4	1.4	0.3	1.1	1.1		
							NOAA / CIMSS	

Resumen de los resultados del estudio de comparación

La figura siguiente muestra un ejemplo de una imagen de producto derivado del total de agua precipitable. Cuando visualizamos como imágenes a color los productos derivados de la sonda atmosférica, como el agua precipitable, el índice de elevación y la presión en la cima de las nubes, podemos realizar mejores inspecciones visuales de las condiciones cambiantes. Es posible crear tablas de realce de color especiales para destacar regiones de información meteorológica que son importantes para un problema o asunto de pronóstico en particular.



Comparación del agua precipitable del modelo NGM (izquierda) con el agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 (derecha)

La imagen de la izquierda presenta la distribución de agua precipitable total generada utilizando sólo las observaciones de superficie y los datos del pronóstico del modelo NGM de 6 horas, sin incluir los datos de la sonda atmosférica. En el esquema de colores (la barra de colores al pie de la imagen), el tono marrón representa aire más seco, mientras que el rojo indica aire húmedo. En la imagen se observan dos concentraciones de humedad, una sobre el estado de Luisiana y otra sobre el sureste de Florida. Las mediciones de radiosondas se indican en blanco y coinciden con la distribución de la humedad en general.

La imagen de la derecha presenta la distribución de agua precipitable total generada después de incluir los datos de la sonda atmosférica del GOES. No hay un producto derivado de la sonda atmosférica en las regiones nubladas (las nubes se muestran en tonos de gris). Al comparar las dos imágenes, se nota que los patrones generales de humedad para el 20 de septiembre de 1995 son bastante similares sobre el territorio continental de Estados Unidos. Sin embargo, la imagen de agua precipitable con los datos de la sonda atmosférica muestra una cantidad de detalle considerablemente mayor. La buena concordancia sobre tierra permite confiar en la exactitud de la información de sondeo sobre el Golfo de México, donde contamos con pocos datos. La sonda atmosférica representa mejor una dorsal de humedad a lo largo del Golfo de México y la circulación evidente junto a la costa oriental de Florida.

Las observaciones de la sonda atmosférica pueden resolver características de humedad a escalas menores en comparación con otros métodos y las mediciones que aportan para las regiones que carecen de datos permiten mejorar los pronósticos a corto y a largo plazo de los modelos numéricos. Estas imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica del GOES también nos ayudan a discernir si el pronóstico del modelo está fallando, y a decidir si cabe introducir una corrección subjetiva.

Calidad y utilidad de los productos derivados: presión en la cima de las nubes

En las áreas nubladas, la sonda atmosférica infiere la presión en la cima de las nubes y la cantidad efectiva de nubes por medio de la técnica de secciones de CO₂. Las indicaciones de altura de las nubes son útiles en muchas aplicaciones, como los pronósticos de aviación y la inicialización de los campos de nubes en los modelos de pronóstico numérico, así como para inferir los movimientos atmosféricos y complementar las observaciones de cubierta nubosa del Sistema Automatizado de Observación en Superficie (ASOS). El equipo del sistema ASOS, que está instalado en el suelo, detecta las nubes hasta aproximadamente 4 km (12,000 pies) de altura (nivel de 650 hPa). La sonda atmosférica del GOES complementa los datos del sistema ASOS mediante la detección de las nubes a alturas mayores de 4 km.



Información derivada del satélite sobre el producto nubes con visualización de capas de CO2

La calidad de los productos nubes derivados del satélite ha sido documentada en revistas especializadas en el campo. Se ha determinado que, en comparación con otras determinaciones, las propiedades de nubes derivadas de los datos del GOES se hallan dentro de 50 hPa en altura y de un 20 % en cantidad. Los informes compuestos del GOES han sido verificados de forma independiente por el Servicio Nacional de Meteorología (National Weather Service, NWS) de EE.UU. En estas pruebas, se compararon las determinaciones de nubes realizadas exclusivamente con los datos del sistema ASOS y las de los datos ASOS más las observaciones satelitales con las observaciones realizadas por personas. Los resultados muestran una reducción del 17 % (sólo ASOS) al 6 % (datos del satélite más ASOS) en los errores de estimación de la cubierta nubosa en comparación con las observaciones basadas en el suelo. Aunque estos estudios fueron realizados con la sonda atmosférica del radiómetro VISSR (VAS) del GOES 7, que es más antigua, se ha determinado que la actuación del GOES 8/9 es comparable.



Imagen de producto derivado de presión en la cima de las nubes de las sondas atmosféricas del GOES 8 y 9 para las 18 UTC del 18 de marzo de 1997 El producto nubes de la sonda atmosférica también se puede presentar como imagen de producto derivado. Este ejemplo del 18 de marzo de 1997 muestra la variedad de colores empleados para indicar la presión en la cima de las nubes en incrementos de 100 hPa. Las nubes bajas se muestran en color naranja y las nubes más altas en azul o blanco. Las temperaturas de brillo de la ventana atmosférica del canal 8 se usan para representar las zonas despejadas en el sondeo.

Calidad y utilidad de los productos derivados: índice de elevación

La estabilidad atmosférica que se infiere a partir de los perfiles de datos recuperados fue evaluada para el estudio de comparación de abril de 1996 a febrero de 1997. Se determinó que los índices de elevación derivados del GOES para las parcelas de aire elevadas desde una capa límite planetaria mezclada hasta el nivel de 500 hPa eran menos estables, en promedio, a razón de 0,6 °C que los índices de elevación inferidos de las radiosondas. Se determinó una diferencia de ECM de 2,2 °C para los índices de elevación del GOES frente a los de las radiosondas. En promedio, la primera aproximación del modelo numérico (del pronóstico de 6 a 18 horas) es menos estable a razón de 0,4 °C y presenta una diferencia de ECM de 2,4 °C respecto de las determinaciones de las radiosondas. El factor crítico es que cerca de las radiosondas la representación de estabilidad atmosférica del GOES mejora la información de primera aproximación del modelo NGM de 6 a 18 horas.



Imagen de producto derivado de índice de elevación de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 23:46 UTC del 2 de julio de 1997 con índice de elevación de las observaciones de radiosondas de las 00 UTC

Las siguientes imágenes ofrecen un ejemplo de producto derivado de estabilidad atmosférica. Una serie de imágenes de productos derivados de índice de elevación del GOES tomadas el 8 de julio de 1997 a intervalos de dos horas sobre las planicies occidentales de EE.UU. muestra fuerte desestabilización sobre Kansas y el norte de Oklahoma por la tarde, entre las 17:46 y las 21:46 UTC. Observe que los valores de índice de elevación alcanzaron -8 a -12 °C justo antes del desarrollo de fuerte convección.



Serie temporal de la estabilidad del índice de elevación de la sonda atmosférica del GOES entre las 17:46 UTC del 8 de julio de 1997 y las 03:46 UTC del 9 de julio de 1997

A medida que un centro de vorticidad de mesoescala en los niveles medios y altos se desplazaba hacia el sur a través del estado de Misuri con rumbo a Arkansas, el Centro de Predicción de Tormentas (Storm Prediction Center, o SPC) emitió advertencias de tiempo severo para varias zonas de los estados de Misuri y Arkansas, así como el este de Colorado. La fuerte convección asociada al vórtice de mesoescala generó una corriente de salida en superficie cuyo movimiento se observó hacia el sureste de Misuri y el norte de Arkansas. Se anticipaba que esta corriente de salida fuera el punto focal del renovado desarrollo de una convección potencialmente intensa por la tarde. Ya a las 21:46 UTC también se habían formado tormentas en la región central del oeste de Kansas, las cuales siguieron desarrollándose y dieron lugar a numerosos informes de granizo. Aunque el Centro de Predicción de Tormentas había previsto la actividad que tuvo lugar en Arkansas y el este de Colorado, la convección intensa que se desarrolló sobre Kansas central no se produjo en ninguna de las zonas de advertencia. La desestabilización intensa y concentrada que se podía observar sobre Kansas y el norte de Oklahoma en la secuencia de producto derivado de índice de elevación del GOES daba fuertes indicaciones de que existían buenas probabilidades de desarrollo explosivo de tormentas en esa región. Como demuestra este ejemplo, la información adicional que proporciona la sonda atmosférica es importante para el pronóstico inmediato de convección intensa.

Resumen

Con muy contadas excepciones, las sondas atmosféricas del GOES están satisfaciendo o superando las expectativas en materia de relación señal a ruido, calibración y navegación.

La calidad general de las mediciones y los productos derivados de la sonda atmosférica del GOES se ha comprobado comparándolos con observaciones independientes.

Un estudio a largo plazo de recuperación de datos de los sondeos del GOES demuestra que los datos recuperados son más exactos que los pronósticos regionales de temperatura y humedad a corto plazo (6 a 18 horas) del NCEP, incluso en los lugares cercanos a los puntos de observación con radiosonda Se han descubierto grandes diferencias entre los campos de agua precipitable del modelo numérico y del GOES sobre regiones para las cuales contamos con pocos datos. Esto sugiere que cuando no hay datos de radiosondas disponibles, los pronósticos numéricos pueden beneficiarse considerablemente de los datos recuperados de los sondeos del GOES.

Las observaciones de la sonda atmosférica del GOES pueden resolver características de humedad de pequeña escala y brindar mediciones en regiones sin otra fuente de datos que nos permiten mejorar los pronósticos a corto y largo plazo. El ejemplo del 20 de septiembre de 1995 mostró que los campos de agua precipitable total de la sonda atmosférica del GOES agregaron una cantidad considerable de detalle al análisis de humedad tanto sobre tierra firme como sobre las regiones oceánicas.

Se ha demostrado que la representación de la estabilidad atmosférica del GOES mejora la información de primera aproximación del pronóstico del modelo NGM de 6 a 18 horas. Una serie de imágenes de productos derivados de índice de elevación de la sonda atmosférica para el 8 de julio de 1997 mostró que la información del satélite proporcionó una indicación temprana de que podía producirse el desarrollo explosivo de tormentas en ciertas regiones específicas.

Volver al comienzo de la página

5. Casos de estudio

Introducción



Algunos productos usados en esta sección

Esta sección del módulo presenta seis casos de estudio condensados que ilustran varios productos y aplicaciones de la sonda atmosférica del GOES. Los casos *Tormentas severas* y *Tornado en Oakfield, Wisconsin* ilustran la resolución espacial, la cobertura y las tendencias de las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica. El caso *Línea seca en Oklahoma y Texas* compara las mediciones de humedad atmosférica de la sonda atmosférica del GOES con las observaciones de radiosondas. El caso *Agua precipitable sobre el Golfo de México* compara las estimaciones de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES con las observaciones de radiosondas y las estimaciones del modelo NGM. El caso *Repercusiones en el modelo Eta* examina los impactos de la sonda atmosférica en los campos de humedad y vientos. Finalmente, el caso *Repercusiones en el modelo CRAS* compara los pronósticos del modelo generados con y sin la inclusión de los datos de la sonda atmosférica del GOES.

5.1 Abril de 1996: tormentas severas sobre las planicies del sur de EE.UU.

Resolución espacial, cobertura y tendencias en las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica

Introducción

Este caso de convección de primavera demuestra la capacidad de las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica de representar gradientes espaciales y cambios rápidos en la humedad y estabilidad atmosférica sobre regiones extensas. Esta capacidad tiene importantes implicancias en lo concerniente a la posibilidad de generar mejores pronósticos inmediatos de tiempo severo. A medida que estudie las imágenes, observe también la alta resolución espacial (10 a 50 km) y temporal (cada hora) que brinda la sonda atmosférica del GOES en comparación con la distribución de las observaciones convencionales, que se realizan cada 12 horas con las radiosondas.

Análisis de fondo: imágenes de 6,7 micrómetros

Examine la secuencia de imágenes de 6,7 micrómetros tomadas a intervalos de 3 horas desde las 08:45 UTC del 3 de abril hasta las 02:45 UTC del 4 de abril de 1996. Durante este período, una extensa vaguada en altura domina sobre el oeste de EE.UU., mientras que una dorsal de gran amplitud domina en el este. En los niveles medios y superiores, un flujo moderadamente fuerte de oeste a suroeste abarca desde el suroeste de Texas hasta el norte de la región del Medio Oeste del país. En la superficie, un frente frío de movimiento lento se extiende desde Texas occidental hacia el norte y este, invadiendo el oeste de Oklahoma y el sureste de Kansas.



Primera imagen de la secuencia de vapor de agua a 6,7 μ m del GOES 8

Haga clic aquí para ver la animación.

Hay dos ondas cortas embebidas en este flujo de oeste a suroeste. La primera, que genera poco tiempo significativo, se desplaza rápidamente hacia el noreste, desde la zona al norte de Texas, con rumbo al norte del Medio Oeste. La segunda y más vigorosa onda corta se desplaza hacia el este siguiendo la frontera entre Nuevo México y Colorado. Para las horas de la tarde, esta segunda onda corta aporta el forzamiento adicional necesario para iniciar la formación de fuerte convección sobre el norte de Texas y el suroeste de Oklahoma, justo al este del frente frío.

Aunque se formaron tormentas intensas, no fueron tornádicas. Cayó granizo grande, de hasta 5 cm de diámetro, y fuertes vientos dañinos derribaron líneas de electricidad y dañaron edificios desde la zona norte de Texas central hasta Oklahoma central y del este.

Cuatro imágenes de índice de elevación



Imágenes de producto derivado de índice de elevación de la sonda atmosférica del GOES 8 entre las 19:46 y las 22:46 UTC del 3 de abril de 1996

Estas cuatro imágenes de productos derivados de índice de elevación tomadas a intervalos de una hora el 3 de abril de 1996 muestran la explosión de la actividad convectiva en el sureste de Oklahoma que probablemente se desarrolló a lo largo de un gradiente de índice de elevación bien definido con orientación de este a oeste. Este gradiente coincide bien con la zona frontal a medida que avanza despacio hacia el este. Observe el aire más estable sobre Nuevo México y el oeste de Texas, a la vez que se forma una extensa zona de aire muy inestable (valores de índice de elevación que se acercan a -5 °C) sobre el norte de Texas central y el este de Oklahoma.

Secuencia de índice de elevación

Esta secuencia de imágenes de productos derivados de índice de elevación tomadas entre las 14:46 y las 22:46 UTC del 3 de abril muestra la rápida y fuerte desestabilización que ocurrió sobre el norte de Texas central y el este de Oklahoma. Los valores de índice de elevación bajan de cerca de 0 °C temprano en el día a menos de -5 °C sobre la extensa zona color naranja y rojo para las 21:46 UTC. Observe que, llegado a este punto, la formación inicial de convección profunda ocurre a lo largo de la frontera entre el norte de Texas central y el suroeste de Oklahoma.



Fotograma de secuencia de imágenes de productos derivados de índice de elevación del GOES 8

Haga clic aquí para ver la animación.

Índice de elevación del GOES con datos de radiosondas superpuestos



Imagen de producto derivado de índice de elevación de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 23:46 UTC del 3 de abril de 1996 con el índice de elevación de observaciones de radiosondas de las 00 UTC

La superposición de los valores de índice de elevación de las observaciones de radiosondas de las 00 UTC en las imágenes de productos derivados de índice de elevación de las 23:46 UTC ilustra la excelente correspondencia entre

los valores de índice de elevación de las radiosondas cerca de -4 a -5 °C con las zonas rojas y naranja de las imágenes de productos derivados de índice de elevación. Observe además la representación del gradiente horizontal de índice de elevación en las imágenes de productos derivados en comparación con los datos de radiosonda, que están a gran distancia unos de otros.





Imágenes de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 para las 11:46 UTC del 3 de abril de 1996 con observaciones de agua precipitable de radiosondas de las 12 UTC

La superposición de los valores de agua precipitable de las radiosondas de las 12 UTC en las imágenes de productos derivados de agua precipitable de las 11:46 UTC nos permite apreciar nuevamente la cobertura espacial que brinda la sonda atmosférica. Tal como fue el caso de los valores de índice de elevación, hallamos una excelente correspondencia entre los valores de las radiosondas y las imágenes de productos derivados de agua precipitable. La similitud en las cantidades medidas por los dos sistemas aumenta nuestra confianza en la validez de los datos de sondeo del GOES para complementar las observaciones convencionales y la información sobre regiones con pocos datos.

Cuatro imágenes de agua precipitable del GOES



Imágenes de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 entre las 16:47 y las 22:46 UTC del 3 de abril de 1996

Examine estas cuatro imágenes de productos derivados de agua precipitable tomadas a intervalos de 2 horas entre las 16:47 y las 22:46 del 3 de abril de 1996. Se desarrollan tormentas a lo largo de un bien definido gradiente de este a oeste en el agua precipitable y dentro de una región donde el gradiente queda comprimido, de forma muy similar a lo que observamos en la secuencia de imágenes de productos derivados de índice de elevación.

Secuencia de agua precipitable del GOES con datos de radiosondas superpuestos

Un rápido aumento del agua precipitable puede indicar una mayor probabilidad de precipitación intensa en caso de que se desarrolle convección profunda. Esta secuencia de imágenes de productos derivados de agua precipitable tomadas a intervalos de una hora entre las 14:46 UTC del 3 de abril y las 02:46 UTC del 4 de abril muestra el drástico aumento en agua precipitable dentro de un fuerte flujo de retorno de aire húmedo del Golfo de México desde el este de Texas hacia el sureste de Kansas.

Observe que para las 23:46 UTC, los valores de agua precipitable en exceso de 20 mm que a las 12 UTC estaban sobre el sur de Texas se han desplazado por advección hacia el norte, hasta el sureste de Kansas. Como ocurrió antes, observamos una muy buena correspondencia entre los valores de radiosonda y las imágenes de productos derivados de agua precipitable. En Topeka, Kansas y Little Rock, Arkansas, los valores de agua precipitable de las imágenes de productos derivados parecen altos en relación con los correspondientes valores de agua precipitable de las radiosondas. Esto puede deberse a fuertes gradientes de agua precipitable presentes en dichas áreas.



Fotograma de una secuencia de imágenes de productos derivados de agua precipitable del GOES 8

Haga clic aquí para ver la animación.

Resumen

Este caso ilustra los puntos siguientes:

Las imágenes derivadas de los productos de la sonda atmosférica (imágenes de productos derivados) pueden representar gradientes espaciales y cambios de humedad y estabilidad atmosférica sobre regiones extensas. Esta información es particularmente esencial en las áreas donde se producen cambios rápidos en los campos de humedad y estabilidad.

La sonda atmosférica del GOES brinda una resolución espacial de 10 a 50 km y una resolución temporal horaria, ambas relativamente altas en comparación con la distribución de las observaciones convencionales cada 12 horas de las radiosondas.

Las nubes tienen un impacto negativo en la cobertura de las imágenes de productos derivados, ya que los canales infrarrojos de la sonda atmosférica no pueden percibir a través de las nubes. Sin embargo, la información sobre las nubes se puede usar para el producto nubes del sistema ASOS. La información oportuna y de alta resolución que nos brinda la sonda atmosférica del GOES tiene importantes implicancias para la mejora de los análisis de mesoescala y los pronósticos inmediatos de tiempo severo subsiguientes. A menudo, esta información se halla más disponible en el ambiente preconvectivo, antes de que se formen extensas áreas de cubierta nubosa relacionadas con la convección.

Volver al comienzo de la página

5.2 18 de julio de 1996: tornado y tormentas severas en Oakfield, Wisconsin

Resolución espacial, cobertura y tendencias en las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica

Introducción

Este caso se centra en el desarrollo de supercélulas en la zona entre Wisconsin central y el noreste de dicho estado, y el tornado asociado que ocurrió en Oakfield, Wisconsin el 18 de julio de 1996. Examine la secuencia de imágenes

de 6,7 micrómetros tomadas entre las 17:15 y las 21:15 UTC. Observe la intensificación de los sectores secos de color rojo y naranja que se produce con el tiempo. Estas áreas son indicativas de la subsidencia asociada a una fuerte máxima de chorro de oeste a noroeste, de 50 a 70 nudos, observada sobre el sur de Minnesota, Wisconsin y, al final del período de la secuencia, el oeste de Michigan. Una zona de baja presión en superficie y un fuerte viento máximo de chorro en altura pasan por Wisconsin durante la tarde, antes de una depresión profunda de núcleo frío sobre el noreste de Minnesota. Dentro del sector cálido ubicado sobre Wisconsin central y del este, se forma una masa de aire condicionalmente inestable y muy húmeda (temperaturas potenciales equivalentes en exceso de 370 K). Los perfiles de vientos verticales en la masa de aire indican cizallamiento moderado, un factor que se agrega a las condiciones que podrían apoyar el desarrollo de tormentas tornádicas. Para el final del período, varias tormentas con características supercelulares han comenzado a formarse a lo largo del borde de avance del frente frío de superficie.



Primer fotograma de la secuencia de vapor de agua de 6,7 μm del GOES 8

Haga clic aquí para ver la animación.

Secuencia de imágenes visibles de 1 km del GOES 8

La secuencia de imágenes visibles de 1 km tomadas por el GOES 8 a media tarde, entre las 19:45 y las 21:15 UTC del 18 de julio de 1996, ya muestra el desarrollo de tormentas convectivas aisladas pero intensas en las zonas del centro y norte central de Wisconsin. Los cúmulos de fuerte desarrollo vertical marcan la posición del frente frío que durante este período se extiende desde la tormenta en Wisconsin central hasta el extremo sureste de Minnesota. Una aglomeración de convección a lo largo del frente, indicada por la flecha en la última imagen de la secuencia, representa el comienzo de lo que eventualmente será una tormenta supercelular y, para las 00:05 UTC, generará el tornado de intensidad F5 en Oakfield.



Fotogramas de la secuencia del canal VIS del GOES 8

Haga clic aquí para ver la animación.

Secuencia de agua precipitable

Examine la secuencia de imágenes de productos derivados de vapor de agua precipitable total de 10 km del GOES 8 de las 11:46 a las 20:46 UTC. Ésta y las siguientes secuencias de imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica del GOES capturan bien la evolución del ambiente antes del desarrollo de la tormenta. Las masas de aire húmedas y secas se resaltan por medio de un código de colores (rojo a amarillo a azul a beige), mientras que las nubes se muestran en tonos de gris. Observe los altos valores de humedad (50 mm o más) que se extienden de Nebraska y Kansas hasta Indiana y el sur de Michigan. La animación de la secuencia ayuda a ver el flujo cálido y húmedo que se origina en el Golfo de México.

Observe además las regiones localizadas de contenido muy alto de agua precipitable (55 mm o más) en Wisconsin central. A medida que la humedad se evapora del suelo saturado por las fuertes lluvias de la noche anterior en el sur y el suroeste de Wisconsin y el norte de Illinois, esa humedad adicional se transporta hacia la región de Wisconsin central. Durante este período, el aire más seco (< 30 mm) del estado de Dakota del Sur se ve transportado hacia el extremo oeste central de Wisconsin. Esto indica el avance de un flujo en altura más seco y más fuerte proveniente del oeste que contribuirá a desestabilizar aún más la masa de aire delante del frente frío.



Imagen de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 11:46 UTC del 18 de julio de 1996



Imagen de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 20:46 UTC del 18 de julio de 1996

Haga clic aquí para ver la animación.

Secuencia de índice de elevación

A continuación se muestran las imágenes de productos derivados de índice de elevación para el mismo período de

las 11:46 a las 20:46 UTC. La estabilidad atmosférica en las zonas de recuperación despejadas se indica mediante un código de colores en el cual el marrón y beige indican aire estable y el rojo indica el aire más inestable. Aquí también las nubes se presentan en gris. Durante este período se nota desestabilización y aire generalmente inestable delante del frente que se extiende desde Wisconsin central hasta Nebraska. Observe que más adelante en el período se forman concentraciones de fuerte inestabilidad (índice de elevación de -8 a -10 °C) sobre Wisconsin central, dentro del sector cálido. También se observa la llegada de aire estable (índice de elevación de +2 °C) en la zona oeste de Wisconsin central.



Imagen de producto derivado de índice de elevación de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 11:46 UTC del 18 de julio de 1996



Imagen de producto derivado de índice de elevación de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 20:46 UTC del 18 de julio de 1996

Haga clic aquí para ver la animación.

Imágenes visibles de 1 km

Examine las dos imágenes visibles de 1 km tomadas a las 20:45 y las 23:45 UTC. Las tormentas sobre Wisconsin central han seguido desarrollándose delante del frente frío y han llegado al este del estado. Ahora se están formando numerosas tormentas supercelulares a lo largo de las zonas del este central y noreste de Wisconsin. A las 00:05 UTC, 20 minutos después de que se tomara esta imagen, un poderoso tornado de intensidad F3/F4 tocó tierra justo al oeste de Oakfield, Wisconsin, que está a 15 km al sur-suroeste de la punta sur del lago Winnebago. El tornado arremetió contra el poblado a las 00:15 UTC provocando graves daños, aunque afortunadamente no alcanzó la intensidad máxima de F5 sino hasta después de haber pasado al este de la ciudad. Note que para las 23:45 UTC la tormenta grande visible a las 20:45 UTC en Wisconsin central se había desplazado al norte del lago Winnebago. La tormenta de Oakfield se desarrolló y se desplazó hacia el sureste al sur de esa primera tormenta grande.



GCES-8 canal visible 18 de julio de 1996, 23.45 UTC

Imágenes VIS del GOES 8 tomadas a las 20:45 y las 23:45 UTC del 18 de julio de 1996.

Observación de gradientes de humedad en secuencias de agua precipitable



Imagen de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 23:46 UTC del 18 de julio de 1996 con las observaciones agua precipitable de radiosondas de las 00 UTC

Examine las imágenes de productos derivados de agua precipitable de las 23:46 UTC. Observe que a medida que el frente frío atravesaba Wisconsin, las tormentas en el este de Wisconsin permanecieron en el gradiente de humedad. Los valores de agua precipitable obtenidos por radiosonda a las 00 UTC coinciden bastante bien con las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica del GOES. Cabe observar que los patrones de humedad que se notan en seguida en las imágenes de productos derivados de alta resolución horizontal, incluidos los ejes húmedo y seco, no son tan evidentes a partir de las observaciones mucho más aisladas de la atmósfera superior.

Índice de elevación del GOES con datos de radiosondas superpuestos



Imagen de producto derivado de índice de elevación de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 23:46 UTC del 18 de julio de 1996 con las observaciones de índice de elevación de radiosonda de las 00 UTC

Esta imagen de producto derivado de índice de elevación de las 23:46 UTC también coincide en general las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica y las observaciones de radiosondas de las 00 UTC. Observe que aunque tiende a haber más nubosidad al este y al sur del frente que ahora se encuentra en el este de Wisconsin, los gradientes en el campo de estabilidad alineado con el frente son aún evidentes, como lo son también las concentraciones aisladas de aire inestable delante del frente y las tormentas severas.

Comparación de imágenes VIS e índice de elevación del GOES 8



Imagen VIS de las 23:45 y producto derivado de índice de elevación de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 20:46 UTC del 18 de julio de 1996

La figura anterior muestra las imagen visible de 1 km del GOES 8 tomada a las 23:45 UTC sobre Wisconsin central (arriba) y la imagen de producto derivado antecedente de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 20:46 UTC (abajo). El tornado de Oakfield ocurrió a las 00:15 UTC justo al sur del lago Winnebago, en el este de Wisconsin. La flecha marca la posición de Oakfield en la imagen visible. Observe que el índice de elevación presenta una zona aislada de aire inestable (-7 °C) sobre Wisconsin central que se localizaba delante de las tormentas en fase de desarrollo. Incluso con la nubosidad al sur y al este de la zona, podemos tener un alto nivel de confianza en que cualquier tormenta capaz de penetrar el aire inestable podría desarrollarse rápidamente y volverse severa. Una alerta emitida a tiempo por el Servicio Nacional de Meteorología (National Weather Service, o NWS) de EE.UU. ayudó a prevenir la pérdida de vidas, pese a los fuertes daños a la propiedad.

Resumen

Este caso ilustra los puntos siguientes:

Las imágenes derivadas de los productos de la sonda atmosférica (imágenes de productos derivados) pueden representar gradientes espaciales y cambios de humedad y estabilidad atmosférica sobre regiones extensas. Esta información es particularmente esencial en las áreas donde se producen cambios rápidos en los campos de humedad y estabilidad.

Cuando se combinan, las imágenes del generador de imágenes y las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica del GOES pueden brindar una visión más completa y detallada de los eventos que ocurren antes de la tormenta de lo que obtenemos al usar sólo datos convencionales. Las nubes tienen un impacto negativo en la cobertura de las imágenes de productos derivados, ya que los canales infrarrojos de la sonda atmosférica no pueden percibir a través de las nubes. Sin embargo, la información sobre las nubes se puede usar para el producto nubes del sistema ASOS. La disponibilidad horaria de imágenes de productos derivados aumenta enormemente la oportunidad de resolver tendencias importantes y gradientes de mesoescala, especialmente cuando las nubes comienzan ocultar ciertas áreas a una hora determinada de observación.

Volver al comienzo de la página

5.3 22 de mayo de 1995: línea seca sobre las planicies del sur

Cobertura y tendencias de humedad atmosférica en las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica

Introducción



Agua precipitable de primera aproximación del modelo NGM (izda.) e imagen de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 (dcha.) de las 17:46 UTC del 22 de mayo de 1995 con los valores de agua precipitable de las observaciones de radiosondas de las 18 UTC superpuestos (números más grandes)

Los datos de la sonda atmosférica del GOES han sido probados en el diagnóstico de los cambios horarios de estabilidad atmosférica y humedad alrededor de las fronteras y las zonas de convergencia. Se realizó un análisis del proyecto VORTEX del conjunto de datos correspondiente a un caso ocurrido el 22 de mayo de 1995, cuando se formaron tormentas convectivas dispersas delante de una fuerte línea seca en el norte de Texas y Oklahoma occidental. Usando como primera aproximación los pronósticos de 6 a 12 horas del modelo NGM y los datos de superficie sinópticos horarios (imagen de la izquierda anterior), se derivaron los perfiles de temperatura y humedad recuperados de las radiancias horarias de la sonda atmosférica del GOES 8. Los datos recuperados se procesaron con una resolución de 30x30 km para compararlos con los sondeos de mesoescala del proyecto VORTEX (imagen de la derecha anterior). Además, las estimaciones de <u>campos de visión</u> individuales (10x10 km) de agua precipitable se realizaron mediante un algoritmo físico y no lineal de recuperación de datos. Estos datos recuperados individuales de CdV se usan para las imágenes de productos derivados. Para este caso, se muestran los datos recuperados de primera aproximación superpuestos a las imágenes de agua precipitable derivadas para el período de 6 horas que comienza a las 17:45 UTC.

Comparación del campo de primera aproximación de agua precipitable del modelo NGM con los datos recuperados del GOES y los datos de superficie



Agua precipitable de la primera aproximación del modelo NGM (izda.) e imagen de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 (dcha.) de las 17:46 UTC del 22 de mayo de 1995 con los valores de agua precipitable de las observaciones de radiosondas de las 18 UTC superpuestos (números más grandes)

En las primeras dos imágenes de agua precipitable (arriba), se compara el campo de inicialización del modelo NGM (izda.) con los datos recuperados del GOES 8 (dcha.) a las 17:46 UTC. Los números pequeños en las imágenes corresponden a la primera aproximación (izda.) y a los datos de 30x30 km recuperados por el GOES (dcha.). Los números más grandes corresponden a los lugares de las observaciones de radiosonda. La imagen de producto derivado se genera a partir de los datos de campos de visión (CdV) individuales recuperados a una resolución de 10x10 km. Las nubes se muestran en gris y blanco, con el brillo proporcional a la altura (más altas=más frías=más brillante).

A las 17:46 UTC los campos de agua precipitable de la primera aproximación, del GOES 8 y de las observaciones de radiosondas coinciden bastante bien cerca de los lugares de las observaciones de radiosonda. Los datos recuperados por el GOES 8 realzan la información, intensificando el gradiente entre los lugares de las observaciones de radiosonda. Una reducción de los valores de agua precipitable es aparente a lo largo del norte de Texas hasta Nuevo México (los valores bajaron desde cerca de 30 hasta 10 mm o más). Observe que los datos recuperados del GOES 8 intensifican el gradiente en esta área aumentando el campo de agua precipitable a más de 30 mm (35 mm como máximo) en la región entre Ardmore, Oklahoma y Amarillo, Texas. El campo de primera aproximación es mucho más uniforme en esta área, con valores de 30 mm o menos.

Encontramos otra zona de cambio cerca de Lubbock, Texas, donde los datos recuperados del GOES 8 han agregado un poco de humedad justo al este de dicha ciudad. Más importante, sin embargo, es el hecho de que el GOES ha reducido a 8 mm los valores de agua precipitable de la primera aproximación justo al oeste de Lubbock, que oscilaban entre 12 y 16 mm. Esta cantidad de desecación es importante y revela la presencia de un gradiente mucho más fuerte a lo largo de la línea seca.

Comparación del paso de una línea seca: datos del GOES y de superficie frente a imágenes del modelo NGM

En las figuras siguientes, a la izquierda se muestran las imágenes de agua precipitable horarias de la aproximación del modelo NGM entre las 17:46 y las 22:46 UTC y a la derecha las correspondientes imágenes de agua precipitable del GOES. Tanto en el modelo NGM y como en los datos recuperados del GOES, el agua precipitable muestra claramente el lento movimiento hacia el este de la <u>línea seca</u>. La línea seca desarrolla un abultamiento o curva y avanza más hacia el este justo al sur de la región al norte de Texas, al este de Lubbock (LBB). Los detalles en la

intensificación del gradiente y el movimiento de la línea seca son más aparentes en los sondeos del GOES. Las tormentas convectivas comienzan al norte de este lugar.



Comparación del agua precipitable de primera aproximación del modelo NGM (izda.) y la imagen de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 17:46 UTC del 22 de mayo de 1995



Comparación del agua precipitable de primera aproximación del modelo NGM (izda.) y la imagen de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 22:46 UTC del 22 de mayo de 1995

Haga clic aquí para ver la animación.

Comparación de gradientes de humedad: datos del GOES y de observaciones de radiosondas frente a imágenes del modelo NGM



Agua precipitable de primera aproximación del modelo NGM (izda.) e imagen de producto derivado de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 (dcha.) de las 23:46 UTC del 22 de mayo de 1995 con los valores de agua precipitable de las observaciones de radiosondas de las 00 UTC superpuestos (números más grandes)

En las dos imágenes de esta figura, se compara el campo de primera aproximación de agua precipitable del modelo NGM (izda.) con el agua precipitable recuperada por el GOES 8 (dcha.) a las 23:46 UTC. En ese momento, el impacto de los datos recuperados por el GOES 8 sobre el campo de agua precipitable es incluso más drástico, ya que en los <u>datos recuperados</u> del GOES el gradiente es mucho más intenso a lo largo de la línea seca en el oeste de Texas. Ciertos datos de las observaciones de radiosonda para Lubbock, cuyo valor de agua precipitable ha bajado de 18 mm a las 18 UTC a 9 mm a las 00 UTC, corroboran la desecación. Tanto la primera aproximación como los valores del GOES 8 son algo más húmedos que las observaciones de radiosonda tomadas sobre Lubbock. Los valores del GOES 8 son ligeramente más húmedos sobre Nuevo México, pero más secos al oeste de Amarillo.

La corrección más importante se realiza al este de Amarillo y Lubbock, a lo largo de la <u>línea seca</u>. En estas áreas, los datos recuperados por el GOES 8 han aumentado los valores de agua precipitable a más de 30 mm, con un valor máximo de 34 mm. Esto representa un aumento de 5 a 8 mm sobre una zona bastante grande. Más al este, los datos recuperados de agua precipitable del GOES 8 muestran un sesgo hacia la humedad cerca de Fort Worth (GOES=36, aproximación del modelo NGM=30, observaciones de radiosondas=28). Sin embargo, cerca de Ardmore, los valores del GOES se acercan más (GOES=32, aproximación del modelo NGM=29, observaciones de radiosondas=33).

Comparación de gradientes de humedad: datos del GOES y observaciones de radiosondas



Comparación de las imágenes de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 de las 17:46 y 23:46 UTC del 22 de mayo de 1995 con los valores de agua precipitable de las observaciones de radiosondas y de superficie superpuestos

Las dos imágenes de la figura anterior muestran los datos de superficie sobre la imagen de agua precipitable del GOES de las 17:46 UTC (izda.) y las 23:46 UTC (dcha.). Los datos de punto de rocío en la superficie respaldan los valores de mayor humedad de los datos recuperados por el GOES 8 inmediatamente al este de la línea seca desde Amarillo hasta el sur de Midland, Texas. Los puntos de rocío en la superficie muestran que los altos valores de humedad se extienden desde el este de Texas a lo largo de todo el estado de Oklahoma. Observe que los datos de superficie por si solos no muestran la profundidad del campo de humedad en sentido vertical. Los datos recuperados del GOES agregan mucho detalle al campo de agua precipitable, ya que resaltan el gradiente en el área de la línea seca.



Fotogramas de una secuencia de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8 entre las 17:46 y las 23:46 UTC del 22 de mayo de 1995 con los valores de agua precipitable de las observaciones de radiosondas y de superficie superpuestos

Haga clic aquí para ver la animación.

Examine el agua precipitable del GOES más los datos de superficie en la secuencia de la derecha tomada entre las 17:46 y las 23:46 UTC. Observe el mayor detalle espacial que agregan las imágenes de productos derivados de agua precipitable del GOES, especialmente en comparación con los datos disponibles de las observaciones de radiosondas. La animación subraya el hecho de que los datos recuperados por el GOES cada hora brindan un buen grado de continuidad entre los dos momentos. La capacidad de seguir el movimiento y la evolución de los detalles del campo de humedad en y alrededor de la línea secas y los frentes puede ayudarnos a producir boletines y advertencias a corto plazo de mayor exactitud para la actividad convectiva.

Resumen

Este caso ilustra los puntos siguientes:

El uso de las imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica del GOES permite realzar la resolución espacial y la cobertura de humedad atmosférica.

Los datos de agua precipitable recuperados por la sonda atmosférica del GOES y las imágenes de productos derivados agregaron importantes detalles de mesoescala al campo de humedad cerca de una línea seca activa sobre el oeste de Texas.

La disponibilidad de información más detallada sobre la variabilidad espacial de la humedad a intervalos horarios permitió mejorar el seguimiento del movimiento y la evolución de la línea seca. Aunque este caso se centra en la evolución de una línea seca, los datos de agua precipitable recuperados por el GOES se pueden usar en muchas otras situaciones (frentes, límites de corrientes de salida, etc.).

Volver al comienzo de la página

5.4 20 de marzo de 1996: agua precipitable sobre el Golfo de México

Resolución y cobertura espacial

Introducción

La figura siguiente muestra el agua precipitable del modelo NGM a las 12 UTC empleado como campo de primera aproximación para la recuperación de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES 8. Los valores trazados se interpolaron de la malla de 40 km del modelo NGM para que coincidieran con el <u>campo de visión</u> (CdV) de 5x5 (50x50 km) de las áreas de recuperación de la sonda atmosférica del GOES 8. Observe que sólo se han trazado aquellos valores de la aproximación del modelo NGM ubicados con éxito cerca de un valor recuperado del GOES 8. Los números de tamaño más grande son las correspondientes observaciones de radiosonda para agua precipitable y la imagen de fondo es la imagen de 10 km del canal 8 de ventana infrarroja tomada a las 11:46 UTC por la sonda atmosférica del GOES 8.



Agua precipitable total del modelo NGM 20 de marzo de 1996, 12:00 UTC Primera aproximación del modelo NGM comparada con las observaciones de radiosondas: Sesgo = -4,2 mm ECM = 3,1 Correspondencias = 36

NOAA / CIMSS

Primera aproximación de agua precipitable del modelo NGM (valores en blanco, amarillo y magenta) con los valores de agua precipitable de las observaciones de radiosonda (rojos) de las 12 UTC del 20 de marzo de 1996 superpuestos

Los valores trazados están codificados con los siguientes colores:

Color	Datos
Blanco	Campo de visión (CdV) despejado
Amarillo	CdV parcialmente nublado
Magenta	CdV lleno de nubes bajas; el valor recuperado representa agua precipitable por encima del nivel de las nubes
Rojo	Agua precipitable de radiosonda

Se generaron estadísticas de comparación formando parejas de los datos de la primera aproximación y las observaciones de radiosonda ubicados dentro de 0,25 grados de latitud/longitud uno del otro. Este proceso generó

36 parejas para la región indicada. Observe que al menos sobre tierra y a lo largo de las regiones costeras la primera aproximación de agua precipitable del modelo NGM exhibe un sesgo hacia la sequedad de 4,2 mm en comparación con las observaciones de radiosonda del agua precipitable. ¿Es posible que exista un sesgo del modelo de al menos la misma magnitud sobre el Golfo de México, donde contamos con pocas observaciones de radiosonda?

Comparación del agua precipitable del GOES y de las observaciones de radiosondas

Agua precipitable total recuperada por el GOES-8 20 de marzo de 1996, 12:00 UTC Datos recuperados por el GOES-8 comparados con las observaciones de radiosondas: Sesgo = +1,1 mm ECM = 1,7 Correspondencias = 36



NOAA / CIMSS

Agua precipitable total recuperada por la sonda atmosférica del GOES (valores en blanco, amarillo y magenta) con los valores de agua precipitable de las observaciones de radiosonda (rojos) de las 12 UTC del 20 de marzo de 1996 superpuestos

La figura anterior presenta los datos de agua precipitable recuperados por la sonda atmosférica del GOES 8 con los valores correspondientes al CdV de 5x5 de cada área de recuperación. La imagen de fondo fue tomada con el canal 8 de la sonda atmosférica del GOES 8 a las 11:46 UTC. La comparación de los valores de agua precipitable recuperados por el GOES 8 con las observaciones de agua precipitable de radiosonda revela que los datos recuperados por el GOES se aproximan mucho más a los valores de las observaciones de radiosonda. El sesgo de 1,1 mm (hacia la humedad, en este caso) de los datos recuperados por el GOES para las 36 comparaciones con las observaciones de radiosonda es mucho menor.

Compare el agua precipitable del GOES con el agua precipitable de la aproximación del modelo NGM de la figura anterior. Los datos recuperados por el GOES sobre el Golfo de México indican una atmósfera considerablemente más húmeda, que se aproxima a los 10 mm en ciertas zonas. Esta comparación entre los datos del GOES y de la aproximación del modelo NGM nos permite derivar dos puntos importantes: los datos de agua precipitable recuperados por el GOES agregan información esencial acerca del campo de humedad y mejoran la aproximación de agua precipitable de los modelos numéricos que ahora incorporan datos satelitales. La información adicional resulta particularmente importante en las regiones tales como el Golfo de México, donde contamos con pocos datos. ¿Existe otra fuente de información sobre la humedad que pueda ayudar a corroborar los datos recuperados por el GOES? Siga leyendo para obtener más información.

Comparación del agua precipitable del SSM/I y de las observaciones de radiosondas



Agua precipitable total recuperada por el SSM/I 20 de marzo de 1996, 12:00 UTC + observaciones de radiosondas de las 12 UTC

NOAA / CIMSS

Agua precipitable total recuperada por el SSM/I (valores en color) con los valores de agua precipitable de las observaciones de radiosonda (en amarillo) de las 12 UTC del 20 de marzo de 1996 superpuestos

La figura anterior muestra los datos de agua precipitable recuperados con el sensor especial y generador de imágenes de microondas (Special Sensor Microwave/Imager, o SSM/I) sobre el Golfo de México. Los valores de agua precipitable de las observaciones de radiosondas de las 12 UTC se muestran en amarillo fuerte. Esta imagen de agua precipitable del SSM/I ayuda a validar los valores de humedad más altos indicados por el agua precipitable detectada por el GOES sobre el Golfo de México y genera confianza en la información agregada por la sonda atmosférica del GOES. El instrumento SSM/I muestra el sesgo evidente de la primera aproximación del modelo NGM hacia condiciones más secas sobre el Golfo de México, no sólo respecto de las observaciones de agua precipitable de las radiosondas y del GOES, sino también respecto de las mediciones de agua precipitable del SSM/I.

Necesitamos mejor información de humedad sobre el Golfo de México y otras áreas donde contamos con pocos datos, por muchos motivos. Los actuales modelos de PNT están volviéndose más sofisticados y para generar pronósticos exactos de humedad y precipitación requieren información exacta de humedad para la totalidad de su dominio. Los datos de humedad recuperados por la sonda atmosférica del GOES y el instrumento SSM/I pueden ayudar a suministrar la información que los modelos necesitan y para analizar los campos de humedad en tiempo real. El Servicio Nacional de Meteorología (National Weather Service, o NWS) de EE.UU. puede usar la información de humedad de los satélites GOES y DMSP para realizar mejores análisis de la humedad disponible a la hora de pronosticar la intensidad y duración de los eventos de precipitación. Una de las prioridades de las actividades de modernización del NWS consiste en proporcionar mejores pronósticos cuantitativos de la precipitación.

Resumen

Este caso ilustra los puntos siguientes:

La capacidad de generar mejores pronósticos cuantitativos de la precipitación depende de la disponibilidad de descripciones más detalladas y más exactas de los campos de humedad atmosférica.

Los datos recuperados por la sonda atmosférica del GOES y el instrumento SSM/I proporcionan información esencial sobre humedad para el NWS y los modelos de predicción numérica, especialmente sobre las regiones para las cuales contamos con pocos datos.

La disponibilidad de datos recuperados por los satélites permite a los pronosticadores y a los modelos numéricos mejorar sus análisis de humedad disponible al pronosticar la cantidad y duración de los eventos de precipitación.

Volver al comienzo de la página

5.5 28 de mayo de 1996 y 22 de octubre de 1997: repercusiones en el modelo Eta

Campos de vientos y humedad

Introducción



Ejemplo de imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica del GOES 8: agua precipitable (izda. inf.) y producto vientos de movimiento de nubes (dcha. inf.), con un trazado de la cobertura de recuperación de la sonda atmosférica (arriba)

La capacidad de las sondas atmosféricas de los satélites GOES 8 y GOES 9 de mejorar los campos de humedad y vientos que requieren los modelos de predicción numérica del tiempo (PNT) representa una contribución importante al proceso de pronóstico. El impacto de los datos del GOES es particularmente pronunciado sobre las regiones para las cuales contamos con pocos datos, como los océanos, donde las observaciones satelitales a menudo representan la única fuente de información sobre temperatura atmosférica, humedad, vientos y nubes. Recuerde la comparación de los datos recuperados por el GOES con los del modelo que vimos en la sección <u>Calidad y utilidad de los</u> productos derivados: distribución geográfica, donde la falta de datos de radiosondas sobre el GOIfo de México y el Mar Caribe tuvo un fuerte impacto negativo en la asimilación de datos del modelo NGM (Eta). Esto produjo grandes diferencias entre los datos recuperados por el GOES y la primera aproximación de agua precipitable total del modelo NGM (Eta).

Existen varias maneras de determinar la cantidad de información que las sondas atmosféricas proporcionan más allá de la que ya está disponible de otras fuentes. En la sección <u>Calidad y utilidad de los productos derivados: agua</u> <u>precipitable</u> comparamos las observaciones de radiosonda y un análisis del modelo NGM para las 00 horas. La asimilación del modelo numérico brinda otra forma de evaluar la calidad y el impacto de los productos de la sonda atmosférica. Si el pronóstico del modelo mejora, los datos de la sonda atmosférica han agregado información útil.

Presión en la cima de las nubes y campo de agua precipitable de 12 horas del modelo Eta



Datos de la sonda atmosférica del GOES para asimilación por los modelos de pronóstico operativos

Hemos progresado considerablemente en la asimilación de los sondeos de cielo despejado y propiedades de nubes en regiones nubosas, tanto para los modelos de pronóstico operativos como para los de investigación. Este progreso, junto con la mejor calidad y la mejor cobertura espacial y temporal de las observaciones de la sonda atmosférica del GOES, sentó las bases de las pruebas de impacto en los modelos realizadas en 1996. El éxito de dichas pruebas, cuyos resultados se resumen en las secciones que siguen, llevó a la incorporación de los sondeos de humedad del GOES en el modelo operativo NAM (North American Mesoscale) de pronóstico regional a partir de octubre de 1997.

Datos de la sonda atmosférica del GOES y pronósticos del modelo Eta



Cobertura de la sonda atmosférica del GOES (arriba), un sondeo de humedad con cielo despejado (izda. inf.) y pronóstico de precipitación total del modelo Eta de 24 horas (dcha. inf.)

Las pruebas de impacto en los modelos demuestran que la asimilación de los datos de tres capas de humedad y total de agua precipitable derivados de la sonda atmosférica están mejorando los pronósticos de los modelos de PNT. Durante 18 días en mayo y junio de 1996, NCEP evaluó los sondeos de los satélites GOES 8 y 9 utilizando el modelo operativo Eta. Cada tres horas, se introdujeron en el modelo los sondeos de humedad con cielo despejado (a una resolución de 50 km). La cobertura del sondeo incluye el Océano Pacífico, el territorio continental de Estados Unidos, el Golfo de México y el Océano Atlántico entre 175 y 45°O de longitud y 50 a 10°N de latitud. Se asimilaron al análisis del modelo Eta los datos de tres capas de agua precipitable más el agua precipitable total de columna mediante la técnica de <u>interpolación óptima</u>.

Comparación de pronósticos de agua precipitable con y sin datos del GOES



Diferencias de agua precipitable entre los pronósticos numéricos del modelo Eta que incluyen y excluyen los datos de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES

En los siguientes tres apartados mostramos los resultados del pronóstico inicializado a las 12:00 UTC del 28 de mayo de 1996. Los contornos en la figura anterior representan los valores de primera aproximación de agua precipitable con los datos del GOES menos el agua precipitable sin la ventaja de los datos del GOES. La figura muestra dónde los datos del GOES afectaron el modelo Eta a las 12:00 UTC del 28 de mayo de 1996 tras la asimilación de los sondeos de humedad de los satélites GOES 8 y 9 de las doce horas anteriores. Sobre el territorio continental de Estados Unidos, donde el modelo ya cuenta con información confiable de la red de observación de radiosondas, el efecto de los datos del GOES es pequeño. Sin embargo, sobre los océanos, donde contamos con poca información, los datos recuperados por el GOES produjeron modestos reajustes en la primera aproximación de agua precipitable del modelo. Las áreas resaltadas indican que a lo largo del meridiano de 145° sobre el Pacífico se produjo una desecación en el orden de 5 a 7 mm, que sobre partes del Golfo de México hubo una desecación de 3 mm, y que sobre el Golfo de California la humedad aumentó a razón de 3 mm.

Repercusión de los datos de la sonda atmosférica del GOES en los pronósticos de precipitación de 24 horas



Diferencias de precipitación entre pronósticos numéricos del modelo Eta de 24 horas que incluyen y excluyen los datos de agua precipitable de la sonda atmosférica del GOES

La figura anterior muestra el impacto de la información de humedad del GOES en el pronóstico de precipitación de 24 horas válido a las 12:00 UTC del 29 de mayo de 1996. Los contornos representan la precipitación del pronóstico con los datos del GOES menos el pronóstico de precipitación sin los datos del GOES. Los valores negativos indican una reducción en la precipitación del pronóstico al usar los datos del GOES, mientras que los valores positivos indican un aumento. Son evidentes los reajustes importantes en la cantidad y ubicación del pronóstico de precipitación sobre el norte de Kentucky y el Golfo de México, con valores que se aproximan a los 10 mm.

Observe que en ambas regiones un área mayor está cubierta por valores de precipitación reducidos que por valores de precipitación aumentados. Esto sugiere que uno de los impactos de la incorporación de los datos del GOES puede ser la reducción de la cobertura general de los pronósticos de precipitación del modelo Eta. La yuxtaposición de valores positivos y negativos sobre ambas regiones indica que los patrones del pronóstico de precipitación fueron desplazados hacia el norte cuando se incluyeron los datos de humedad del GOES.



Red de pluviómetros del este de EE.UU. (izda.) con gráfico de barras que ilustra las reducciones en la cantidad de falsas alarmas de agua precipitable para los pronósticos que incorporan los datos de agua precipitable del GOES 8 y 9

La validación con una red de pluviómetros indica que los datos del GOES mejoraron el pronóstico de precipitación de 24 horas del modelo Eta. La entrada del 29 de mayo en el gráfico de barras a la derecha indica una reducción de la cantidad de cajas de malla que pronostican precipitación pero que no se pueden verificar (falsas alarmas). Los datos del GOES permitieron evitar las falsas alarmas de precipitación ligera (inferior o igual a 0,1 mm) en aproximadamente 20 cajas de malla (cada una con resolución de 80 km). Esto equivale a una mejora que cubre un área de 128.000 kilómetros cuadrados para el pronóstico experimental. Este nivel de mejora diaria en el pronóstico de 24 horas se mantuvo durante la mayor parte del período de prueba de 18 días.

También se registró un impacto uniforme positivo en los pronósticos de 12 horas de humedad relativa en todos los niveles entre 850 y 300 hPa. La inclusión de los datos del GOES mejoró las diferencias de media cuadrática con respecto a los valores de humedad relativa de las observaciones de radiosonda en un 3 a 4 % en todo el oeste de Estados Unidos y en un 1 % para los Estados Unidos en general. La uniformidad de la mejora quedó dentro del pronóstico de 24 horas, cerca de la mitad de los valores del pronóstico de 12 horas. Aunque estas mejoras son pequeñas, la coherencia de la mejora en cada nivel de la troposfera se considera significativa. Con toda probabilidad, la mejora más importante, en el oeste de Estados Unidos, se debe a la información proporcionada por el GOES 9 corriente arriba sobre el Océano Pacífico, una zona para la cual contamos con muy pocos datos.

Índice de amenaza equitativa y sesgos de amenaza mediante los datos de la sonda atmosférica del GOES



Sesgos de amenaza e índices de amenaza equitativa semanales del modelo Eta durante el período del estudio para los pronósticos de precipitación de 24 horas en la región continental y el Oeste de EE.UU.

Los resultados positivos de la prueba del modelo Eta dieron lugar al uso operativo de los datos de agua precipitable total y de tres niveles recuperados por el GOES 8 y 9 cada tres horas a partir del 22 de octubre de 1997. Los resultados iniciales del modelo Eta operativo siguen siendo positivos. Los <u>indices de amenaza equitativa (Equitable Threat Score, ETS)</u> y los <u>sesgos de amenaza</u> para el pronóstico de precipitación acumulada en 24 horas del modelo Eta operativo indican un mejor rendimiento hasta el trimestre final de 1997. El índice de amenaza mejoró de cerca de 0,2 a alrededor de 0,3. Se muestran las pruebas de dos áreas de verificación, una para los 48 estados contiguos de EE.UU. y otra para la región del Oeste, centrada en el impacto del GOES 9. Observe que los resultados son similares para ambas regiones. Los valores se calcularon utilizando los datos de los pluviómetros de la red de los centros de pronósticos fluviales (River Forecast Center, o RFC) como validación.

Resumen

Este caso ilustra los puntos siguientes:

La asimilación de los campos de humedad de la sonda atmosférica del GOES en los modelos de PNT ha llevado a mejoras en los pronósticos de humedad y precipitación.

El impacto de los datos de la sonda atmosférica del GOES en la asimilación del modelo es más aparente sobre las áreas para las cuales contamos con pocos datos, como el Pacífico Occidental y el Golfo de México.

Puede producirse un impacto positivo en los campos de pronóstico sobre el territorio continental de EE.UU., así como en las áreas para las cuales contamos con pocos datos.

Volver al comienzo de la página

5.6 10 de febrero de 1997: repercusiones en el modelo CRAS (de investigación)

Altura de las nubes y campos de humedad

Introducción



Cobertura de la sonda atmosférica del GOES tal como la indican las observaciones de presión en la cima de las nubes y los datos de total de agua precipitable recuperados de las 23:00 y 23:46 UTC del 10 de febrero de 1997

El impacto positivo de los datos de la sonda atmosférica del GOES en los modelos de predicción numérica del tiempo (PNT) se ha demostrado con el sistema regional de asimilación de CIMSS (CIMSS Regional Assimilation System, o CRAS). El agua precipitable total de la columna con cielo despejado y las alturas de las nubes en regiones nubladas de la sonda atmosférica se han utilizado para mejorar el pronóstico de vapor de agua y de nubes. La validación del pronóstico mejorado se realiza comparando en tiempo real las imágenes subsiguientes de ventana infrarroja y de vapor de agua del GOES. Los gradientes de nubes y vapor de agua brindan características fáciles de distinguir que se espera que el pronóstico CRAS reproduzca. Las figuras siguientes corresponden a un caso de estudio del 10 de febrero de 1997. La cobertura de los datos de la sonda atmosférica a las 00 UTC se ve en la figura anterior. Al proporcionar las alturas de las nubes en regiones nubladas y los perfiles de humedad en regiones despejadas, los datos de entrada de la sonda atmosférica del GOES abarcan casi toda el área de cobertura de la sonda atmosférica del GOES.

Comparación de pronósticos del modelo de nubes CRAS con y sin datos del GOES



Imagen de la ventana atmosférica del canal 8 de la sonda atmosférica del GOES 9 de las 03 UTC del 10 de febrero de 1997



Pronóstico de temperaturas en la cima de las nubes del modelo CRAS (sin datos del GOES) válido a las 03 UTC del 10 de febrero de 1997



Pronóstico de temperaturas en la cima de las nubes del modelo CRAS (con datos del GOES) válido a las 03 UTC del 10 de febrero de 1997

La imagen de la ventana atmosférica tomada por el canal 8 de la sonda atmosférica del GOES 9 a las 03 UTC se utiliza para validar los dos pronósticos de nubes de tres horas. Al comparar los dos pronósticos con la imagen del canal 8, queda obvio que sin los datos del satélite el pronóstico de 3 horas del modelo CRAS no resuelve las nubes bajas cerca de la costa de California, aunque sí lo hace cuando utiliza los datos de la sonda atmosférica del GOES. Un análisis mejorado del campo inicial de nubosidad (y del campo de humedad) ayudó al modelo CRAS a producir un mejor pronóstico de nubosidad de 3 horas. Compare la imagen de la sonda atmosférica del GOES anterior con los pronósticos de nubes del modelo CRAS que utilizan y no utilizan los datos del GOES.

Comparación de pronósticos de vapor de agua del modelo CRAS con y sin datos del GOES



Imagen del canal 11 de vapor de agua de la sonda atmosférica del GOES 9 de las 03 UTC del 10 de febrero de 1997



Pronóstico de vapor de agua del modelo CRAS (sin datos del GOES) válido a las 03 UTC del 10 de febrero de 1997



Pronóstico de vapor de agua del modelo CRAS (con datos del GOES) válido a las 03 UTC del 10 de febrero de 1997

Una mejor definición del campo de humedad inicial mediante los datos de la sonda atmosférica del GOES permite generar un mejor pronóstico de la humedad en la troposfera media. La comparación visual de la imagen de vapor de agua del GOES 9 de las 03 UTC con el pronóstico de 3 horas confirma que la estructura de humedad del pronóstico mejora cuando se utilizan los datos del GOES en el modelo CRAS. Se obtiene claramente una mejor representación de la estrecha región seca de subsidencia cerca de la costa sur de California. Observe además la mejor definición de la depresión en altura. Compare la imagen anterior de la sonda atmosférica del GOES y el pronóstico de vapor de agua del modelo CRAS con y sin los datos del GOES.

Resumen

Este caso de impacto en el modelo ilustra el punto siguiente:

La asimilación de los campos de humedad y de nubes de la sonda atmosférica del GOES en los modelos de PNT de investigación, como el modelo CRAS de CIMSS, demuestra que es posible obtener pronósticos de vapor de agua y nubes más exactos.

Volver al comienzo de la página

Matriz de aplicaciones en los casos de estudio

La siguiente matriz presenta un resumen de los productos de la sonda atmosférica del GOES y las aplicaciones que se han presentado en los distintos casos de estudio de esta sección del módulo.

Productos y aplicaciones	<u>Abril de</u> <u>1996:</u> <u>tormentas</u> <u>severas</u>	<u>18 de julio</u> <u>de 1996:</u> <u>tornado</u> <u>en Oakfield,</u> <u>Wisconsin</u>	22 de mayo de 1995: línea seca	20 de marzo de 1996: agua precipitable sobre el Golfo de México	Repercusiones en el modelo <u>Eta</u>	Repercusiones en el modelo <u>CRAS</u>
Resolución temporal y tendencias	х	Х	х	х		
Resolución y cobertura espacial	х	×	х	x		

Presión en la cima de las nubes y cantidad de nubes					x	х
Inclusión de temperatura, humedad y vientos para modelos de agua precipitable					х	х
Estabilidad atmosférica (índice de elevación)	х	Х	x			
Agua precipitable (QPF, modelos)			x	х	х	х
Imágenes digitales de la sonda atmosférica y temperatura de brillo del CdV					х	Х
Termodinámica de la capa límite planetaria (tiempo severo)			x			

Volver al comienzo de la página

6. Secuencia de 19 canales

Este formato de múltiples paneles muestra las radiancias de la sonda atmosférica del GOES sobre el este de EE.UU. en cada uno de los 19 canales espectrales. Observe que el canal visible (canal 19) aparece en la celda inferior derecha. Se ha aplicado el mismo realce de color a todos los 19 canales.



Todos los canales de la sonda atmosférica del GOES 8 a las 13:47 UTC del 7 de abril de 1998

Haga clic aquí para ver la animación.

Esta animación de 36 horas destaca la naturaleza temporal de la atmósfera, en constante estado de cambio, a la vez

que resalta las características espaciales y espectrales aparentes en las imágenes en cualquier momento dado. Cabe hacer unas observaciones generales acerca de las imágenes:

Aunque está en color, el canal visible (canal 19) brinda la indicación de cambio de noche a día. Los canales 1 y 2 muestran la inversión en el gradiente térmico asociado a la tropopausa. En el canal 3, sólo las nubes más altas son evidentes; la cubierta nubosa aumenta a medida que se sube de canal (4 a 8), que al aumentar se vuelven más sensibles a los niveles más bajos. Los canales 3, 12 y 15 son sensibles a alturas similares (rangos de color similares), pero en diferentes regiones espectrales y para distintas "bandas de absorción" (CO₂ y H₂O).

Las nubes y características del suelo son evidentes en los canales de "ventana atmosférica" (6, 7, 8, 17 y 18).

A lo largo del período de 36 horas, es posible observar el movimiento lento hacia el este de un patrón de dorsal térmica de gran escala en la troposfera (evidente en los canales 3 a 5), a la vez que un fuerte máximo de velocidad de la corriente en chorro y la dorsal en altura asociada (evidentes en los canales 10 a 12) comienzan a invadir la zona desde el oeste.



Temperaturas de brillo de los espectros de emisión de la Tierra de las longitudes de onda entre 600 y 2700 µm (arriba)

con las correspondientes bandas espectrales de la sonda atmosférica del GOES I-M (abajo).

Los recuadros amarillos enmarcan las regiones de absorción de dióxido de carbono centradas en 15 y 4,3 µm.

El gráfico anterior muestra la ubicación de los canales de la sonda atmosférica del GOES dentro del espectro de emisión de la Tierra y es útil para recordar dónde se encuentran los canales a nivel espectral y su grado relativo de sensibilidad a la absorción atmosférica, así como para asistir en la interpretación de las animaciones de las imágenes.

Observe que los números de los canales de la sonda atmosférica (canales infrarrojos 1 a 18) corresponden a las ubicaciones espectrales indicadas a partir del 1 en el extremo izquierdo hasta el 18 en el extremo derecho del espectro.

Volver al comienzo de la página

7. Resumen del módulo

Este módulo presenta los conceptos básicos de sondeo remoto mediante la sonda atmosférica del GOES, con un énfasis en las aplicaciones operativas. Se describen las ventajas y limitaciones de varios productos e imágenes de productos derivados de la sonda atmosférica y se presentan varios casos de estudio que utilizan dichos productos. Esta lista incluye los puntos específicos que se cubren en el módulo.

Canales espectrales de la sonda atmosférica

Las sondas atmosféricas de los satélites GOES 8(I) a P miden las radiancias de un canal visible y 18 canales espectrales infrarrojos. Muchos de los canales espectrales son sensibles al dióxido de carbono, al vapor de agua y al ozono en la atmósfera.

Los gases atmosféricos, principalmente el dióxido de carbono, el vapor de agua y el ozono, absorben radiación en regiones espectrales de radiancia emitidas por la Tierra y la atmósfera. Las ventanas atmosféricas son regiones espectrales en las cuales la absorción de los gases atmosféricos es mínima.

Se utilizan los canales espectrales en distintas partes de las regiones de absorción de dióxido de carbono para medir el cambio en la temperatura atmosférica que se produce con la altura (sondeo). Los cambios de humedad con la altura se miden utilizando los canales de las regiones de absorción de vapor de agua.

Selección de los canales y funciones de ponderación

Las funciones de ponderación indican las contribuciones a la radiancia saliente de varias capas de la atmósfera dentro de determinada región de longitud de onda.

El sondeo se obtiene mediante un grupo de canales espectrales que detectan la radiación emitida por capas sucesivamente más altas en la atmósfera.

Las contribuciones de los canales espectrales individuales provienen de capas profundas y superpuestas.

Actuación y calidad de los productos de la sonda atmosférica del GOES

Con muy contadas excepciones, las sondas atmosféricas del GOES están satisfaciendo o superando las expectativas en materia de relación señal a ruido, calibración y navegación.

Un estudio a largo plazo de recuperación de datos de los sondeos del GOES demuestra que los datos recuperados son más exactos que los pronósticos regionales de temperatura y humedad a corto plazo (6 a 18 horas) del NCEP, incluso en los lugares cercanos a los puntos de observación con radiosonda Los datos de sondeo recuperados por el GOES (perfiles de temperatura y humedad, imágenes de productos derivados y datos de radiancia para asimilación en los modelos) pueden ayudarnos a formular pronósticos y a mejorar los pronósticos numéricos del tiempo en los lugares donde contamos con poca o ninguna información de radiosonda o de otro tipo.

Las observaciones de la sonda atmosférica del GOES pueden resolver características de humedad y estabilidad atmosférica de pequeña escala que nos permiten mejorar los pronósticos a corto y a más largo plazo.

Casos de estudio

Los seis breves casos de estudio presentan varias aplicaciones que muestran que los datos y productos de la sonda atmosférica mejoran los análisis y pronósticos de una gama de escenarios de pronóstico. Entre dichos escenarios se incluyen perspectivas de convección, análisis de humedad y estabilidad atmosférica en tiempo real, y pronósticos de humedad, nubes y precipitación del modelo.

Puede acceder a la <u>matriz de aplicaciones</u> que presenta un resumen de los productos y aplicaciones de la sonda atmosférica del GOES desde el menú Casos de estudio. Además, en la sección Casos de estudio se ha incluido un resumen al final de cada caso de estudio individual.

Volver al comienzo de la página