Protocolos de Nubes

Objetivo General

Observar el tipo y la cobertura de nubes, incluyendo las estelas de condensación.

Visión General

El alumnado observa cuáles de los diez tipos de nubes y de los tres tipos de estelas de condensación se ven en su cielo y qué porcentaje de éste está cubierto por nubes y el porcentaje que está cubierto por estelas de condensación.

Objetivos Didácticos

Aprender a hacer cálculos a partir de las observaciones y a clasificar las nubes a partir de su descripción general.

El alumnado aprende los conceptos meteorológicos de altura de las nubes, tipos y cobertura de nubes, y aprenden los diez tipos básicos de nubes.

Conceptos Científicos

Ciencias de la Tierra y del Espacio

- El tiempo puede describirse a partir de observaciones cualitativas.
- El tiempo cambia de un día para otro y a lo largo de las estaciones.
- El tiempo varía a escala espacial local, regional y global.
- Las nubes se forman por la condensación del vapor de agua en la atmósfera.
- Las nubes influyen en el tiempo y en el clima.
- La atmósfera tiene diferentes propiedades a diferentes altitudes.
- El vapor de agua pasa a la atmósfera a partir de la evaporación desde la superficie terrestre y de la transpiración de las plantas.

Ciencias físicas

- La materia existe en diferentes estados – sólido, líquido y gaseoso.

Geografía

- La naturaleza y la cantidad de cobertura de nubes influyen en las características del sistema físico geográfico.

Habilidades de investigación científica

- Utilizar una carta de nubes para clasificar las nubes.
- Estimar la cobertura de nubes.
- Identificar preguntas y respuestas.
- Diseñar y dirigir investigaciones científicas.
- Usar las matemáticas adecuadas para analizar los datos
- Desarrollar descripciones y explicaciones usando la evidencia.
- Reconocer y analizar explicaciones alternativas.
- Compartir procedimientos, explicaciones y previsiones.

Tiempo

10 minutos

Nivel

Todos

Frecuencia

Diariamente, en el intervalo de una hora del mediodía solar local.

Como apoyo a las mediciones de ozono y aerosoles.

A la hora de paso de un satélite.

Otras horas también son posibles.

Materiales y Herramientas

Hoja de datos de investigación de la atmósfera u

Hoja de datos de nubes

Carta de nubes GLOBE

Observando el tipo de nubes (en el *Apéndice*)

Requisitos Previos

Ninguno

Protocolos de Nubes– Introducción

Nubes y Atmósfera

El agua en el ambiente puede estar en estado sólido (hielo y nieve), líquido o gaseoso (vapor de agua). Según se desplaza de un sitio a otro, el agua se puede fundir, evaporar o condensar. Estos cambios ocurren según el agua se va calentando o enfriando.

El agua en la atmósfera existe en las tres fases (sólido, líquido, gaseoso) y cambia de fase dependiendo de la temperatura y de la presión. Al igual que la mayoría del resto de gases que componen la atmósfera, el vapor de agua es invisible para el ojo humano. Sin embargo, a diferencia de la mayoría del resto de gases de la atmósfera, bajo determinadas condiciones el vapor de agua puede pasar de gas a partículas sólidas o gotas líquidas. Si las temperaturas están por encima del punto de congelación, el vapor de agua se condensa en gotitas de agua. Si están por debajo, como siempre están en la alta atmósfera, se pueden formar pequeños cristales. Cuando hay un gran número de gotitas de agua o de cristales de hielo se forman las nubes que vemos. Así, las nubes nos informan sobre la temperatura del aire y del agua en el cielo. También influyen en la cantidad de luz solar que llega al suelo y en lo lejos que podemos ver.

En la troposfera, la capa más baja de la atmósfera, la temperatura disminuye con el aumento de altitud. Dado que los cristales de hielo se forman a grandes altitudes, a menudo son transportados lejos de la región en la que se formaron por los fuertes vientos de las corrientes de chorro. A lo largo de este proceso de formación y movimiento, los cristales de hielo a menudo se fusionan formando cristales más grandes y después comienzan a caer. Estos cristales que caen o son transportados por el viento crean vetas que nosotros vemos como nubes tenues. Estas vetas son a menudo curvadas por el viento, que puede soplar a diferentes velocidades a diferentes altitudes.

Otros tipos de nubes son también transportadas por el viento. Las corrientes ascendentes ayudan a la formación de nubes muy altas; las corrientes descendentes tienden a crear espacios despejados entre las nubes. Los vientos horizontales mueven las nubes de un lugar a otro. Las nubes que se forman sobre lagos y océanos son transportadas hacia la tierra seca, llevando precipitación. Los fuertes vientos en las capas altas de la atmósfera algunas veces desplazan las partes más altas de las nubes creando formas de yunque o transportando cristales de hielo lejos en la dirección del viento hasta zonas despejadas.

Los cristales de hielo y las gotas de agua dispersan la luz de manera diferente. Las nubes densas absorben más luz solar que las poco densas. Los tipos de nubes, las fases del agua y la cantidad de nubes, hielo y gotas de lluvia influyen en la cantidad de luz solar que atraviesa la atmósfera y calienta la superficie de la Tierra. Las nubes también pueden influir en la facilidad con la que el calor desprendido por la superficie de la Tierra puede escapar de la atmósfera de vuelta al espacio.

Observando las nubes podemos obtener información sobre la temperatura, la humedad y las condiciones del viento en diferentes lugares de la atmósfera. Esta información ayuda en el pronóstico del tiempo. Las observaciones de nubes también nos ayudan a comprender cuánta luz solar está alcanzando el suelo y la facilidad con la que puede escapar el calor del suelo y de la baja atmósfera, y esta información es importante en la comprensión del clima.

Nubes y Tiempo

Los tipos de nubes que se ven a menudo dependen de las condiciones que se estén experimentando o que pronto se experimentarán. Algunas nubes se forman sólo cuando hay buen tiempo, mientras otras traen chubascos o tormentas. Los tipos de nubes presentes proporcionan una información importante sobre el movimiento vertical a diferentes alturas en la atmósfera. Prestando atención a las nubes ¡pronto serás capaz de utilizar la formación en nubes para pronosticar el tiempo!

Los tipos de nubes pueden indicar una tendencia en el patrón del tiempo. Por ejemplo, los altocúmulos son generalmente el primer indicador de que se pueden producir chubascos a lo largo del día. En latitudes medias, se puede observar el avance de un frente cálido viendo cambiar el tipo de nube de cirro a cirroestrato. Después, según se aproxima el frente, las nubes se hacen más densas y más bajas, convirtiéndose en altostratos. Cuando la precipitación comienza, las nubes altostratos se convierten en nimboestratos, inmediatamente antes de que llegue el frente.

Los tipos de nubes son un importante indicador de los procesos que se producen en la atmósfera. Las nubes indican que el aire húmedo está ascendiendo, y sólo se puede producir precipitación cuando esto ocurre. Las nubes generalmente son la primera señal de que se aproxima mal tiempo, aunque no todas las nubes están vinculadas a mal tiempo.

Nubes y Clima

Las nubes desempeñan un importante papel en el clima. Son la fuente de precipitaciones, influyen en la cantidad de energía procedente del sol que llega a la superficie de la Tierra y aislan a la superficie de la Tierra y la baja atmósfera.

A cualquier hora aproximadamente la mitad de la superficie terrestre está cubierta de nubes. Las nubes reflejan parte de la luz solar hacia el exterior de la Tierra, manteniendo el planeta más frío de lo que estaría. Al mismo tiempo, las nubes absorben parte de la energía calorífica desprendida por la superficie terrestre y devuelven parte de este calor al suelo, manteniendo la superficie de la Tierra más caliente de lo que estaría. Los datos tomados desde satélites muestran que, como media, el efecto de enfriamiento causado por las nubes es mayor que el efecto de calentamiento. Los científicos calculan que si nunca se formaran nubes en la atmósfera terrestre, nuestro planeta estaría unos 20ºC más caliente como media.

Las condiciones de la Tierra influyen en la cantidad y tipos de que nubes que se forman. Esto ayuda a conformar el clima local. Por ejemplo, en los bosques tropicales, los árboles liberan grandes cantidades de vapor de agua. El calentamiento diario provoca el ascenso del aire, se forman las nubes y se producen intensas precipitaciones. Unos tres cuartos del agua en los bosques tropicales se recicla de esta manera y la cobertura de nubes es casi total durante la mayor parte del año. Por el contrario, en un desierto no hay fuente superficial de humedad, y generalmente el cielo está despejado. En estas condiciones se produce un mayor calentamiento por la luz del Sol y las temperaturas máximas son superiores. En ambos casos, el clima local – precipitación y temperatura - está ligado a las nubes.

Las actividades humanas también influyen en la formación de nubes. Un ejemplo claro y evidente son las estelas de condensación. Estas son nubes lineales que se forman cuando un avión atraviesa una parte de la atmósfera que tiene las condiciones apropiadas de humedad y temperatura. Los gases emitidos por el avión también contienen algo de vapor de agua, así como pequeñas partículas – aerosoles- que proporcionan núcleos de condensación para la formación de cristales de hielo. En algunos lugares, el tráfico aéreo está provocando un cambio apreciable en la nubosidad, lo que puede influir tanto en el tiempo como en el clima.

¿Cómo influiría en la formación de nubes un aumento de la temperatura media de la superficie de la Tierra? Si el agua de océanos y lagos se calienta, se evaporaría más agua. Esto incrementaría la cantidad total de agua en la atmósfera y la cobertura de nubes, pero ¿qué tipo de nubes se formarían? ¿Se produciría un aumento de nubes altas o bajas? Todas las nubes reflejan la luz solar, contribuyendo a enfriar la superficie de la Tierra, pero las nubes altas devuelven menos calor al espacio y, por ello, contribuyen a calentar más la superficie que las nubes bajas. Por ello, los cambios en las temperaturas de la superficie podrían estar relacionados con la formación de las nubes.

Muchas fuentes oficiales de observación meteorológica están utilizando equipos automatizados para observar las nubes. Estos sistemas de mediciones automatizadas no realizan observaciones del tipo de nubes. Esto hace que las observaciones de las nubes del alumnado GLOBE y otros observadores meteorológicos amateur sean las únicas fuentes de datos.

Desde 1960, los científicos también han utilizado los satélites para observar las nubes. Estas observaciones comenzaron con simples imágenes de nubes, pero se están incorporando técnicas más avanzadas. Los científicos están trabajando para desarrollar métodos automatizados para inferir los tipos de nubes a partir de las imágenes de satélite en el visible e infrarrojo. Esta tarea es difícil, y se necesitan observaciones desde tierra para su comparación. La detección de estelas de condensación desde el espacio es especialmente difícil, dado que muchas estelas son demasiado estrechas para poder verse en imágenes de satélite. Las observaciones del tipo de nubes del alumnado GLOBE son una fuente importante para estas observaciones desde tierra.

Apoyo al Profesorado

Todo el mundo observa las nubes. Los niños y niñas a menudo las miran e imaginan que ven formas de varios objetos en el cielo. En GLOBE, el alumnado cambiará lo que busca en el cielo por propiedades específicas, científicamente significativas – tipo de nubes y cobertura. Un buen hábito a desarrollar es mirar al cielo cada vez que se salga al aire libre. Preste atención a lo que está sucediendo en la atmósfera. ¡Le puede sorprender todo lo que ocurre!

El alumnado realiza las observaciones de las nubes con sus ojos. El único material que necesitan es la carta de nubes de GLOBE, de manera que estos protocolos son fáciles de poner en marcha, pero identificar la cobertura y tipo de nubes es una habilidad. El alumnado mejorará con la práctica; cuanto mayor sea la frecuencia con que se realizan las observaciones de las nubes, más seguros sentirán con estas mediciones, y mayor será la calidad de los datos.

Al utilizar estaciones meteorológicas automatizadas que sólo disponen de instrumentos capaces de visualizar nubes a altitudes entre 3.000 y 4.000 metros, muchas nubes medias y altas, incluyendo las estelas de condensación, no se observan. Las observaciones de nubes de GLOBE proporcionarán un conjunto de datos útiles, continuando las observaciones visuales que se han recogido a lo largo de unos 100 años y están siendo sustituidas por observaciones automatizadas.Algunas preguntas para ayudar al alumnado a elegir el mejor sitio para realizar las mediciones serían:

¿Desde qué lugar del recinto del centro se podrían ver más nubes? ¿Desde dónde se verían menos?

Pida al alumnado que haga un mapa del recinto del centro. El alumnado más joven puede simplemente esbozar las características principales, tales como el o los edificios del centro, los aparcamientos, los patios de recreo, etc. Los alumnos mayores podrían añadir más detalles, relacionados por ejemplo a la superficie del patio de recreo, (, asfaltada, cubierta de hierba, o suelo desnudo). Pídales que indiquen cualquier arroyo o laguna, y las áreas con árboles. Podrían medir qué proporción del cielo está oculta por edificios y árboles usando el clinómetro y otras técnicas proporcionadas en *Documentación del Sitio de Atmósfera*. El objetivo es tener una imagen del recinto del centro, de manera que los alumnos comprendan porqué se eligió el sitio para las observaciones de nubes. Cada año, un nuevo grupo de alumnos puede repetir la realización de este mapa con esta finalidad.

Consejos para Realizar las Mediciones

Cobertura de Nubes

El cálculo de cobertura de nubes es subjetivo, pero importante. Los meteorólogos y climatólogos deben tener observaciones precisas de cobertura de nubes para calcular correctamente la cantidad de radiación solar que es reflejada o absorbida antes de que la luz solar llegue a la superficie de la Tierra, y la cantidad de radiación que emite la superficie de la Tierra y la baja atmósfera que es reflejada o absorbida antes de que pueda escapar al espacio.

Como se deduce a partir de la actividad de aprendizaje *Estimación de la Cobertura de Nubes*, el ojo humano tiende a sobreestimar el porcentaje de cielo cubierto por nubes. Realizar esta actividad con el alumnado es una buena forma de empezar a realizar mediciones precisas. Otro aspecto clave para la precisión en la cobertura de nubes es observar todo el cielo que es visible desde el sitio de estudio de atmósfera.

Una vez que el alumnado comienza a realizar las observaciones de cobertura de nubes es importante que sus observaciones se realicen en grupos pequeños, en los que se puede alcanzar un consenso. Una manera útil de realizar la observación es dividir el cielo en cuatro cuadrantes, estimar la cobertura en cada cuadrante y finalmente calcular la media. Esto se puede realizar utilizando valores decimales o fracciones, dependiendo de los conocimientos matemáticos del alumnado. Las mayores discrepancias se producirán generalmente en situaciones dudosas, donde una categoría esté próxima a la otra. Las categorías de cobertura de nubes se muestran en la Tabla AT-N-1.

Según se vaya adquiriendo experiencia en la realización de estas mediciones, los alumnos se darán cuenta de que las nubes son tridimensionales y que tienen espesor. Cuando se mira hacia el horizonte, el cielo puede parecer más cubierto de nubes de lo que realmente está porque los espacios entre las nubes están ocultos a la vista. Este efecto es más significativo en nubes bajas que en nubes medias y altas (estas categorías se trabajan en *Tipos de Nubes*). También se produce este efecto más cuando hay cúmulos que estratos. Si al mirar directamente hacia arriba el patrón observado de cobertura de nubes

Tabla AT-N-1

Porcentaje	Si menor	Si mayor que o igual a
10%	Despejado	Aisladas
25%	Aisladas	Dispersas
50%	Dispersas	Roto
90%	Roto	Oculto

es de ráfagas individuales o largos rollos de nubes separados por áreas despejadas, y la apariencia general de las nubes es similar mirando hacia el horizonte, es razonable deducir que hay espacios entre estas nubes también, y que la cobertura de nubes no es del 100% en el horizonte.

Este protocolo incluye una categoría "Despejado" que debe ser utilizada cuando no hay nubes visibles en el cielo y una categoría "Cielo oculto", que debe ser utilizada cuando el observador no pueda ver e idenficar claramente las nubes y estelas de condensación del cielo debido a diversos fenómenos meteorológicos. Si no es posible ver las nubes y estelas de condensación en más de un cuarto del cielo, no se informarán sobre nubes o estelas de condensación utilizando una de las categorías habituales, sino que se informará de cielo oculto, y después informará sobre el o los fenómenos responsables de la visibilidad limitada del cielo. Se debe enviar como metadata información sobre las nubes y estelas de condensación de la parte del cielo que está visible, si el cielo está sólo parcialmente oculto. Los posibles fenómenos causantes de cielo oculto se definen a continuación:

- **Niebla**
  La niebla son nubes a nivel del suelo que limitan la visibilidad en el suelo y sobre éste. Las nubes de tipo estrato están generalmente asociadas con la niebla. En zonas costeras, montañas y valles, la niebla suele ser frecuente en las observaciones GLOBE de mediodía. En esta categoría se incluye la niebla helada o polvo de diamante que es típico del tiempo libre de nubes de altas latitudes.
- **Humo**
  Las partículas de humo, procedentes de incendios forestales u otras fuentes, a menudo limitan severamente la visibilidad en y sobre el suelo. Si hay humo habrá olor a humo, lo que permitirá diferenciarlo de la niebla.
- **Calima**
  La calima se origina a partir de un conjunto de gotitas de agua muy pequeñas o de aerosoles (que pueden ser gotitas de agua, contaminantes o partículas de polvo natural suspendidas en la atmósfera), que proporcionan en conjunto un tinte rojizo, marrón, amarillento o blanco. El smog entraría en esta categoría. GLOBE tiene un nuevo *Protocolo de Aerosoles* para profesores que deseen aprender más sobre la calima y sus causas. Cuando hay calima, durante la mayor parte del tiempo las nubes son observables. Esta categoría únicamente se utiliza cuando la calima es tan extrema que las nubes no se pueden ver.
- **Ceniza volcánica**
  Una de las fuentes naturales más importantes de aerosoles en la atmósfera es la erupción de un volcán. En estos casos, es posible que puedan estar cayendo cenizas sobre los centros escolares, o que existan otras limitaciones a la visibilidad (quizá un penacho de humo encima).
- **Polvo**
  El viento a menudo levanta polvo (pequeñas partículas sólidas – arcilla y limo) y lo transporta miles de kilómetros. Si no se puede ver el cielo porque hay polvo en suspensión o cayendo, por favor, indica esta categoría. Las tormentas de polvo pueden restringir la visibilidad en algunos lugares, y también se recogerían en esta categoría, por ejemplo, si el alumnado no pudiera salir al exterior por una tormenta de polvo, se informaría de que el cielo está oculto y la causa sería el polvo.
- **Arena**
  La arena suspendida en el viento, o las tormentas de arena, generalmente necesitan vientos más fuertes que el polvo, pero pueden dificultar igualmente la visibilidad del cielo.

- **Bruma**
  Cerca de las grandes láminas de agua, los fuertes vientos pueden llevar gotitas de agua en suspensión en cantidad suficiente para reducir la visibilidad e impedir que el cielo se pueda distinguir claramente. Esta categoría generalmente se restringe al área inmediatamente adyacente a la costa; tierra adentro, las partículas de sal pueden quedar suspendidas una vez que las gotitas de agua se hayan evaporado, dando lugar a aerosoles.
- **Lluvia intensa**
  Si la lluvia cae con intensidad cuando se realiza la observación, es posible que el cielo no sea visible. Aunque pueda parecer cubierto, si no se puede ver el cielo entero se deberá informar de que el cielo está oculto, y que la causa es la lluvia intensa.
- **Nieve intensa**
  La nieve puede también caer con intensidad suficiente como para impedir que el observador tenga una clara visibilidad del cielo y de la cobertura de nubes.
- **Ventisca**
  Cuando el viento sopla con suficiente fuerza como para levantar la nieve del suelo, puede impedir la observación del cielo. Si se están produciendo condiciones de ventisca (fuertes vientos y la nieve aún está cayendo con intensidad), se deberá informar de ambas categorías.

Cobertura de Estelas de Condensación

La misma técnica de división del cielo en cuatro cuadrantes descrita anteriormente para la cobertura de nubes se puede utilizar para la estimación de la cobertura de estelas de condensación. Una única estela de condensación persistente que cruce el cielo cubre menos del 1% del mismo (ver la Actividad de Aprendizaje *Cálculo de la Cobertura de Nubes*). Por ello, contar estelas de condensación puede ser también una buena herramienta para cálculo. Cuando el cielo está oculto, como se describe arriba, las mediciones de cobertura de estelas de condensación no pueden realizarse.

Recuerden que la cobertura de estelas de condensación se mide aparte de la cobertura de nubes. Por ello, cuando se calcule la cobertura de nubes no se deben incluir las estelas de condensación. Cuando se observen estelas de condensación que se solapen con nubes, se debe informar de ello en la metadata.

Tipo de Nubes

El tipo de nubes es una medición cualitativa. La carta de nubes GLOBE, la prueba interactivo de nubes del sitio Web de GLOBE y otra información sobre nubes disponible en libros de texto y de recursos online puede ser útil para ayudar al alumnado a distinguir tipos de nubes. Sin embargo, las imágenes bidimensionales son diferentes a las observaciones reales del cielo, que son tridimensionales, y no hay nada mejor que la experiencia para la realización de observaciones de nubes.

El sistema de tipos de nubes está organizado en 3 categorías dependiendo de la altura o altitud de la base de la nube. Las nubes altas (cirro- o cirros) están generalmente compuestas por cristales de hielo y, por ello, su aspecto es más delicado. Debido a que están más lejos del observador parecerán más pequeñas que otros tipos de nubes, en general. Las tenues estelas que a menudo se ven en las nubes altas son cristales de hielo cayendo y sublimándose (pasando de sólido a gas). Por lo general, se puede ver el sol a través de las nubes altas, y las partículas de hielo de las nubes cirroestratos dispersan la luz solar para formar un anillo brillante, llamado halo, alrededor del sol.

El nombre de las nubes medias siempre comienza con el prefijo alto-. Estas nubes están principalmente compuestas por gotitas de agua, aunque pueden contener algo de hielo. Algunas veces el sol puede verse a través de estas nubes también, pero sin anillo.

Las nubes bajas están más cerca del observador, y siempre parecen ser algo más grandes. Pueden ser mucho más oscuras, pareciendo más grises que las nubes altas o medias. Las nubes bajas pueden extenderse hasta altitudes mucho mayores, lo que puede verse cuando hay intervalos despejados entre las nubes.

Una vez hecha esta diferenciación básica (alta/media/baja), el siguiente punto a decidir es la forma de la nube. Si los rasgos de la nube son de una capa bastante uniforme será una nube estratiforme, de tipo estrato. La mayoría de las nubes que tienen forma de ráfagas, rollos, bandas o penachos son cumuliformes, de la familia de los cúmulos. Finalmente, si una nube produce precipitación (que el observador pueda ver), debe contener la palabra nimbo en su nombre. Las tenues formas producidas por las nubes de hielo casi siempre se producen a altas altitudes y, por ello, se las llama

por el mismo nombre que las nubes altas – cirro- o cirros. Realizando la *Actividad de Aprendizaje Observación de las Nubes* con el alumnado de vez en cuando ¡adquirirá más soltura a la hora de identificar los tipos de nubes en un cielo complejo!

Tipos de estelas de Condensación

Las estelas de condensación generalmente se producen a gran altitud, como las nubes cirro- o cirros. Sin embargo, al igual que las nubes inducidas por actividades humanas, se informa de las estelas en una categoría aparte. Hay tres clases de estelas de condensación. Estas son:

- *Corta duración* – las estelas de condensación que desaparecen enseguida y forman líneas cortas en el cielo que se desvanecen según aumenta la distancia de los aviones que las crean.
- *Persistentes no dispersas* – estas estelas de condensación permanecen más tiempo después de que el avión que ha provocado su formación haya desaparecido de la zona. Forman líneas largas, generalmente estrechas, de anchura aproximadamente constante cruzando el cielo. Estas estelas no son más anchas que el dedo índice visto con el brazo extendido.
- *Persistentes dispersas* – estas estelas de condensación también se mantienen durante mucho tiempo después de que el avión que las ha creado haya abandonado la zona. Forman largas vetas que se han ensanchado con el tiempo. Estas estelas son más anchas que el dedo índice visto extendiendo el brazo. Este tipo es el único que puede ser visto a partir de imágenes de satélite; y únicamente cuando son más anchas que cuatro dedos vistos con el brazo extendido. Por ello, anotar la anchura equivalente de estos cuatro dedos en la metadata será muy útil para los científicos.

Consulte el sitio Web del GLOBE para ver más imágenes de los diferentes tipos de estelas de condensación.

Las estelas de condensación de corta duración se forman cuando el aire por el que pasa el avión está algo húmedo. Las estelas persistentes se forman cuando el aire está muy húmedo, y es más probable que influyan sobre el clima que las estelas de corta duración.

Preparación de los Estudiantes

Los cálculos de tipo de nubes y cobertura de nubes son mediciones subjetivas, por lo que es bueno implicar a varios alumnos en la tarea. Cada alumno debería realizar sus propias lecturas; posteriormente, se deberían poner de acuerdo como grupo. No hay que sorprenderse si los alumnos inicialmente tienen dificultades para realizar estos cálculos. Incluso los observadores experimentados discuten sobre qué tipo de nube están viendo, o exactamente qué porcentaje del cielo está cubierto por nubes. Según se vaya adquiriendo experiencia en la realización de estas observaciones, se empezarán a apreciar las sutiles diferencias en los distintos tipos de nubes.

Aquí se muestran dos maneras efectivas de ayudar al alumnado a realizar mediciones lo más precisas posible:

1. Practicar la observación del tipo de nubes realizando la prueba interactiva de nubes GLOBE, disponible en el rincón de recursos del sitio web GLOBE, o dedicando tiempo a la identificación de los ejemplos de los tipos de nubes predominantes en tu localidad;
2. Hacer las siguientes Actividades de Aprendizaje de la *Guía* GLOBE *del Profesorado de Investigación de la Atmósfera*
   - *Cálculo de la Cobertura de Nubes*
   - *Observación, Descripción e Identificación de nubes*
   - *Observación de las Nubes*

Estas actividades están diseñadas para proporcionar al alumnado la oportunidad de adquirir habilidad en la identificación del tipo de nubes y la cobertura de nubes.

Algunas veces puede resultar difícil que el alumnado llegue a un consenso respecto al tipo de nubes observadas. Sin embargo, esto es una parte importante del proceso de descubrimiento científico. Puede ser útil incluir algún comentario en la sección de Metadata de la *Hoja de Datos*.

Realizar simulaciones entre compañeros fomentará la confianza en la realización de observaciones entre el alumnado. Asegúrese de que hacen observaciones de todo el cielo. Una de las mejores maneras de hacer esto es en grupos de cuatro alumnos, estando de pie, de espaldas, uno mirando al norte, otro al este, otro al sur, y otro al oeste. De esta manera, cada alumno se responsabiliza del cálculo de la cobertura de nubes en su cuadrante, desde el horizonte hasta directamente sobre su cabeza.

Hay que asegurarse de que todos definan su cuadrante de la misma manera. Una vez que cada alumno ha realizado el cálculo (usar intervalos de 10%, o fracciones como octavos o décimos), haye la media de los cuatro cálculos sumándolos y dividiendo entre 4. Este método será particularmente útil cuando se tiene un cielo difícil que da lugar a cálculos diferentes entre los miembros de los grupos.

El siguiente consejo puede ayudar al alumnado a determinar las alturas de las nubes cúmulos: pídeles que extiendan el brazo y que alineen sus dedos con la nube que están observando. Una buena regla general para usar es que si las ráfagas, rollos, ondas individuales de las nubes son menores que el ancho de un dedo, son cirrocúmulos. Si no son más anchas que dos dedos, pero son más anchas que uno, es más probable que sean altocúmulos. Si es más ancha que dos dedos, será cúmulo (busca nubes aisladas); estratocúmulos (muchas nubes y más anchas que altas, quizá alargadas en bandas); o cúmulonimbos (producen precipitación).

Para distinguir entre las alturas de las diferentes nubes estratos, recuerda lo siguiente: cirroestratos es el único tipo de nube que produce un halo alrededor del sol o la luna. El halo tendrá todos los colores del arco iris. Los altostratos apenas cubren el sol o la luna, su aspecto generalmente será más oscuro, un color gris medio. Los estratos serán, por lo general, muy grises y muy bajos. La niebla es, de hecho, una nube de tipo estrato a altitud cero.

Aquí hay algunas preguntas que se pueden plantear según se realizan las observaciones de las nubes:

¿Qué tipo de cielo se ve?

¿Qué tipo de cielo ven otros alumnos de centros cercanos?

¿Deberían tener el mismo tipo de cielo?

La cobertura de nubes en concreto puede ser un fenómeno muy local y, por ello, el tipo de nubes puede variar significativamente de un lugar a otro cercano. Cuando la observación se considera como en conjunto para un gran grupo de centros GLOBE, las observaciones de las nubes son más útiles.

Las observaciones de nubes son también importantes en otros protocolos GLOBE.

Cuestiones para Posterior Discusión

¿Cambian los patrones de nubes durante el año? ¿Cómo?

¿Afecta la cobertura de nubes al clima local?

¿Qué fiabilidad tienen los pronósticos del tiempo locales basados únicamente en las observaciones del tipo de nubes? ¿Pueden mejorarse usando otras mediciones GLOBE?

¿Influyen las condiciones de las nubes y los fenómenos que obstaculizan nuestra visión del cielo en el tipo de vegetación y suelo de nuestra zona? Si es así, ¿cómo?

¿Cómo se comparan nuestras observaciones de las nubes con las imágenes de satélite de nubes?

¿Se ven a menudo estelas de condensación en el área local? ¿Por qué sí o por qué no?

¿Están relacionados los tipos de nubes y las estelas de condensación que se observan?

¿Cómo están relacionadas las nubes que se ven con las montañas, lagos, ríos, bahías o el océano?

Protocolo de Cobertura de Nubes y de Cobertura de Estelas de Condensación

Guía de Campo

Actividad

Observar qué porcentaje del cielo está cubierto por nubes y por estelas de condensación.

Qué se necesita

- Hoja de Datos de Investigación de Atmósfera , Hoja de Datos de Nubes, Hoja de Datos de Ozono u Hoja de Datos de Aerosoles.

En el campo

1. Completar la cabecera de la *Hoja de Datos*.
2. Mirar al cielo en todas las direcciones.
3. Calcular qué porcentaje del cielo está cubierto por nubes que no son estelas de condensación.
4. Anotar la clase de cobertura de nubes que mejor se ajusta a lo que se ve.
5. Anotar la clase de cobertura de estelas de condensación que predomina en el porcentaje de cielo cubierto por estelas de condensación.

Clasificaciones de la cobertura de nubes	*Clasificaciones de las estelas de condensación*
Sin nubes No hay nubes en el cielo; no hay nubes visibles.	**Ninguna** No hay estelas de condensación visibles.
Despejado Hay nubes, pero cubren menos que una décima parte (o 10%) del cielo.	**0-10 %** Hay estelas de condensación, pero cubren menos que una décima parte (10%) del cielo.
Nubes aisladas Las nubes cubren entre una décima parte (10%) y un cuarto (25%) del cielo.	**10-25 %** Las estelas de condensación cubren entre una décima parte (10%) y un cuarto (25%) del cielo.
Nubes dispersas Las nubes cubren entre un cuarto (25%) y la mitad (50%) del cielo.	**25-50%** Las estelas de condensación cubren entre un cuarto (25%) y la mitad (50%) del cielo.
Cielo roto Las nubes cubren entre la mitad (50%) y nueve décimas partes (90%) del cielo.	**> 50%** Las estelas de condensación cubren más de la mitad (50%) del cielo.
Cubierto Las nubes cubren más que nueve décimos (90%) del cielo.	
Oculto Las nubes y las estelas de condensación no se pueden observar porque más de un cuarto (25%) del cielo no se puede ver con claridad.	

6. Si el cielo está oculto, anotar qué es lo que impide ver el cielo. Informar sobre todos aquellos fenómenos, de entre los siguientes, que se observen:

- Niebla
- Humo
- Calima
- Ceniza volcánica
- Polvo
- Arena
- Bruma
- Lluvia intensa
- Nieve intensa
- Ventisca

_____

Protocolo de Tipo de Nubes y Tipo de Estelas de Condensación

Guía de Campo

Actividad

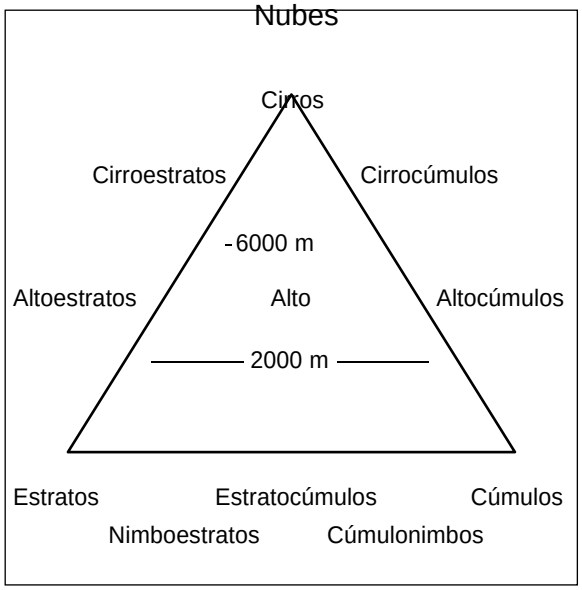
Identificar cuál de los diez tipos de nubes y cuáles de los tres tipos de estelas de condensación se observan .

Qué se necesita

- *Hoja de Datos deInvestigación de Atmósfera o*
  Hoja de Datos de Nubes o
  Hoja de Datos de Ozono o
  Hoja de Datos de Aerosoles
- Carta de nubes GLOBE
- *Observación del tipo de nubes*(en el *Apéndice*)

En el campo

1. Observar las nubes, mirar en todas las direcciones, incluyendo justo sobre la cabeza del observador. Tener cuidado de no mirar directamente hacia el sol.
2. Identificar los tipos de nubes que se ven utilizando la carta de nubes GLOBE y las definiciones que aparecen en *Observación del Tipo de Nubes.*
3. Marcar la(s) casilla(s) de la *Hoja de Datos* indicando todos los tipos de nubes que se observen.
4. Hay tres tipos de estelas de condensación. Anotar el número de cada tipo de estela que veas.



Estelas de condensación

Corta duración

Persistentes no dispersas

Persistentes dispersas

Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué hay que informar sobre la cobertura de nubes cuando no hay nubes?

Es tan importante para los científicos saber cuándo no hay nubes en el cielo como cuándo las hay. Por ello es importante informar siempre sobre la cobertura de nubes, ¡incluso en un bonito día de cielo azul! ¿Cómo se puede calcular de manera exacta la cobertura media de nubes si siempre faltan los datos de los días completamente despejados? También hay que tener en cuenta que el cielo despejado es la medición más fácil desde el suelo, pero la más difícil de determinar con seguridad a partir de imágenes de satélite.

2. ¿No se puede diseñar un instrumento para medir la cobertura de nubes?

Sí, de hecho, se emplean lásers para medir esto, y el instrumento se llama cielómetro. Los cielómetros miden la fracción de cielo cubierta por nubes, pero son muy caros. Además, muchos de los cielómetros que se utilizan hoy en día sólo proporcionan estimaciones precisas de la cobertura de nubes hasta alturas de unos 3,5 kilómetros, lo que les hace inservibles para la mayoría de las nubes medias y para las nubes altas. La medición de la cobertura de nubes hace referencia al conjunto de todas las nubes a todos los niveles, y las observaciones humanas son aún el mejor método para medirla desde el suelo. Asimismo, los cielómetros realizan sólo mediciones en un punto único o en un perfil, lo que puede no ser representativo de la cobertura global de nubes.

3. ¿Hay alguna forma de asegurarse de que las observaciones son precisas, ya que no hay instrumentos para calibrar?

La práctica ayudará a mejorar en el cálculo de la cobertura de nubes. Se pueden comparar las observaciones propias con las realizadas por vecinos cercanos, o compararlas con las observaciones "oficiales", pero recuerda que algunos días las condiciones de las nubes varían incluso en distancias cortas y que pueden cambiar en minutos. Al realizarlas cada día, poco a poco ¡te sentirás cada vez más seguro!

4. Tenemos problemas para decidir el tipo de nube. ¿Cómo podemos saber si lo hacemos bien?

No se puede saber con certeza. Lo más importante es practicar la identificación de los tipos de nubes tanto como sea posible. Si se dispone de acceso a Internet se puede hacer el cuestionario interactivo de nubes, que se encontrará online en el Sitio Web de GLOBE. También, se puede encontrar la carta de nubes GLOBE, que se puede cortar y hacer tarjetas para practicar la identificación.

5. ¿Es este sistema de observación del tipo de nubes en GLOBE único o nuevo en algún sentido?

Este sistema es el mismo que los meteorólogos han venido utilizando durante doscientos años. Muchos científicos dicen que empezaron a interesarse por la ciencia a partir de la observación cielo y percibir cómo iba cambiando (de tipos de nubes) de un día a otro. Las bases científicas del sistema de observación del tipo de nubes no han cambiado sustancialmente desde que se creó. La clasificación sistemática de las nubes en los diez tipos básicos fue motivada, al menos en parte, por la clasificación de especies de seres vivos en los reinos Animal y Vegetal por los biólogos. De hecho, los meteorólogos a menudo hacen una subdivisión de los tipos de nubes en otras variedades específicas de cada tipo de nube. *Castellanus* hace referencia a torrecillas tipo castillo, que son nubes que indican inestabilidad atmosférica, y quizá indiquen precipitación. *Lenticulares*, nubes con forma de lentes, generalmente formadas sobre las altas montañas. Los cúmulos se dividen a menudo en *humilis* (indicadora de buen tiempo, hinchada) o *congestus* (muy alta, amontonada como una coliflor, muy alta).

6. ¿Qué se debe indicar si sólo una parte del cielo está oculto, pero puedo determinar los tipos de nubes de una parte del cielo?

Si más de un cuarto del cielo está oculto, se deberá indicar cielo oculto, e informar sobre los tipos de nubes que se ven en la metadata. Si menos de un cuarto del cielo está oculto, anote la cobertura de nubes y los tipos de nubes, e indique en la metadata qué porcentaje del cielo está oculto.

7. No estoy seguro de si lo que veo es un cirro o una antigua estela de condensación dispersa

Llegado un punto no se puede distinguir entre ambas. En esta situación, por favor, indica que lo que ves es un sobre cirro, pero también indica en los comentarios que los cirros parecen proceder de una estela de condensación.

Protocolo de Nubes – Interpretando los Datos

¿Son Razonables los Datos?

Dada la naturaleza subjetiva de las observaciones de las nubes, puede ser muy difícil determinar si los datos son razonables.

Primero se debe comprobar la consistencia interna de las observaciones y los datos. Por ejemplo, si hay un cielo con cobertura de nubes compuesta por estratos, estratocúmulos o nimboestratos, decir que hay nubes altas o cirros sería improbable, dado que los observadores desde el suelo no podrían ver nubes altas a través de la densa cobertura de nubes más bajas. Otro ejemplo sería decir que existen nubes de tipo cirro con cielos nublados: las nubes cirro raramente están presentes en las cantidades necesarias para cubrir el 90% del cielo. Lo mismo ocurre con las nubes de tipo cúmulo, ya que debe haber espacios entre las nubes para que sean de tipo cúmulo (en lugar de estratocúmulos).

¿Qué Buscan los Científicos en estos Datos?

Muchas estaciones oficiales de observación meteorológica del mundo han dejado de realizar observaciones del tiempo. Las organizaciones meteorológicas nacionales tienen dos razones fundamentales para este cambio. En primer lugar, los satélites meteorológicos están observando constantemente la superficie de la Tierra y la atmósfera, y se ha mejorado la determinación de la cobertura de nubes a partir de imágenes de satélite en los últimos años. En segundo lugar, muchas estaciones meteorológicas están realizando sus observaciones mediante instrumentos automatizados. Estos instrumentos no pueden determinar el tipo de nubes y están generalmente limitados en su capacidad para distinguir capas de nubes medias y altas. Los instrumentos automáticos pueden sólo percibir nubes hasta los 3,6 km de altitud y muchos tipos de nubes son demasiado altas para que los aprecien la mayoría de estos cielómetros. Así, sólo pueden distinguir la mitad de los tipos de nubes (cúmulos, cumulonimbos, estratos, estratocúmulos, y nimboestratos).

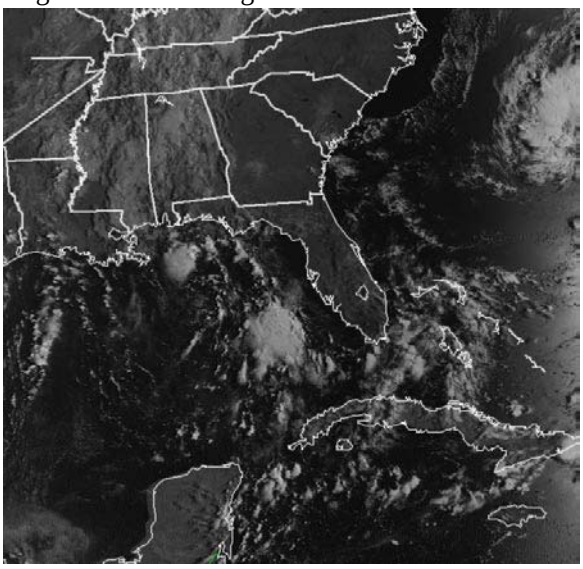
Las nubes se han observado y asociado a cambios del tiempo durante siglos; de hecho, nuestro sistema de clasificación de nubes es de hace unos 200 años. Los cambios que se observan en las nubes ayudan a los meteorólogos a pronosticar el tiempo.

Observar que un cielo despejado cambia a cielo con nubes aisladas de tipo cúmulo, y que puede cambiar a cúmulos dispersos y cumulonimbos, puede indicar que pronto habrá tormentas. Cuando está cubierto por una nube de tipo estrato que se disipa hasta convertirse en un estratocúmulo, se puede esperar que llegue tiempo despejado. Los climatólogos observan los cambios de nubes a lo largo de períodos de tiempo extensos, para ver si hay un incremento o una disminución en la cobertura o en el tipo de nubes.

Desde principios de los 1960, los meteorólogos han dispuesto de imágenes de satélites meteorológicos que pueden ser usadas para ver las nubes (generalmente aparecen como áreas blancas en las imágenes de satélite) tales como la Figura AT-N-1, donde se muestra una imagen visible del satélite meteorológico de órbita polar NOAA 15 del Golfo de Méjico, cerca del sudeste de los Estados Unidos. Se ven nubes sobre las aguas del oeste de Florida, en las Bahamas y en el borde este de la imagen, en Carolina del Norte. Las áreas terrestres del sudeste de los Estados Unidos están bastante despejadas a lo largo del Océano Atlántico, pero más hacia el oeste se ven algunas nubes que no parecen tan brillantes. Esto les indica a los meteorólogos que estas nubes son probablemente más bajas y/o no tan densas como las blancas brillantes de esta imagen del mediodía.

Los científicos que trabajan con datos de satélites necesitan buenas observaciones de nubes desde la superficie para validar sus observaciones a partir de satélites. Estas observaciones son importantes porque ayudan a los meteorólogos a conocer la precisión de sus observaciones.

Figura AT-N-1: Imagen de satélite



En general, cuantos más centros GLOBE realicen observaciones de nubes, mejor para los científicos que necesiten utilizar estos datos para valorar la precisión y consistencia de sus observaciones.

Las imágenes de satélite no siempre proporcionan a los científicos una idea clara de qué tipos de nubes hay. Esto es particularmente cierto en el caso de las estelas de condensación, que generalmente son demasiado estrechas para poder observarse desde el espacio. Por esta razón, es importante para los científicos poder encontrar áreas de nubes bajas, medias y altas, dado que cada tipo de cobertura tendrá diferente capacidad de bloquear la luz solar y atrapar la radiación infrarroja.

Observemos algunos mapas para ver cómo se debe proceder en tales investigaciones. La Figura AT-N-2 muestra algunas observaciones de la cobertura de nubes de un día de primavera en parte de los Estados Unidos y Canadá, cerca de los Grandes Lagos. Los Grandes Lagos son grandes masas de agua que proporcionan abundante humedad a la atmósfera, a partir de la evaporación. Altos niveles de vapor de agua a menudo dan lugar a cielos nubosos. El mapa del tiempo de ese día será también útil para comprender qué tipo de nubes había aquel día. En general, el aire debe ascender para producir nubes y los sistemas de baja presión y los frentes son las zonas donde con mayor probabilidad se formarán nubes.

Observe el gran número de áreas grises cerca del centro del estado de Ohio en el mapa de arriba. A partir de la leyenda del mapa se sabe que esto indica áreas de cielos cubiertos. Hay unas pocas estaciones cercanas en las que no está cubierto, incluyendo una observación de un cielo oculto, uno roto y uno disperso. Quizá un sistema de tormenta esté afectando a un área bastante grande del norte de Ohio y del oeste de Pensilvania. Al oeste de esta zona, las observaciones son principalmente de cielos despejados. Lo mismo ocurre en la parte Este del mapa, donde los cielos están casi despejados. Fíjese qué similares son las observaciones del tipo de nubes en cada región.

Cada observación de la cobertura de nubes también contiene una observación del tipo de nube, en la que el alumnado identifica cada uno de los diez tipos posibles de nubes presentes. Hacer un mapa de tales observaciones sería demasiado complicado, dado que hay muchas combinaciones posibles. Los mapas GLOBE de cobertura de nubes se dibujan dividiendo todos los tipos de nubes en sus categorías de altura -bajas, medias y altas- y combinaciones de estas. Ver Figura AT-N-3.

Concentrémonos una vez más en el este de Ohio. Se observa que casi todas las observaciones son rojas, con un par de cuadrados verdes, un par de cuadrados azules, y un cuadrado violeta. La leyenda del mapa muestra que los cuadrados rojos son nubes bajas (L), los cuadrados verdes son nubes medias (M), y los cuadrados azules son nubes altas (H). El cuadrado violeta es para una observación de nubes bajas y altas combinadas. Una vez más, las observaciones de nubes son generalmente similares entre sí, con la mayoría de los centros GLOBE coincidiendo en que había nubes bajas presentes.

Al observar la parte este del mapa, hay muchos centros mandando datos sobre nubes altas, medias y bajas, y nubes bajas y altas. Quizá estos centros se encuentren en la trayectoria de un frente que se está desplazando hacia el Este de Ohio.

Un Ejemplo de Investigación del Alumnado

Diseño de una Investigación

Natalia ha estado siempre interesada en las nubes. Ella siempre está dibujándolas e imaginando formas a partir de ellas. Natalia es una de las alumnas de su clase que se ofrece voluntaria para realizar las mediciones GLOBE de atmósfera y le gusta de verdad observar las nubes. Natalia decide hacer su propia carta de nubes para la clase, usando algodones, papel blanco, cartulina azul, y pegamento. Su profesora decide convertirlo en un proyecto de clase, y crean un bonito mural con ejemplos de los tipos de cobertura en él (de la Actividad de Aprendizaje *Cálculo de la Cobertura de Nubes*), e imágenes de cada uno de los diez tipos de nubes.

Natalia se pregunta si el cielo que ella ve es el mismo cielo que se ve desde otros centros cercanos. La clase decide comparar sus observaciones de nubes diarias con las de otros dos centros cercanos, un colegio de primaria y un instituto. Natalia les dice a sus compañeros que están recogiendo datos que los científicos utilizarán en trabajos de investigación, por lo que es importante que hagan bien su trabajo. Los

alumnos por lo tanto se esfuerzan para realizar un buen trabajo.

Recogida y Análisis de los Datos

Después de realizar las observaciones de nubes durante unas tres semanas, el alumnado utiliza la herramienta de visualización GLOBE para encontrar otros centros cercanos con muchas observaciones de nubes. Deciden limitar su búsqueda a centros que se encuentren en un radio de 50 km. desde su centro, y encuentran 7 centros. Uno de los alumnos tiene una hermana mayor que va a un instituto de los centros que se han encontrado, y otro fue a una colegio de primaria diferente el año pasado, por lo que deciden elegir esos dos centros.

Deciden comparar los datos primero imprimiendo mapas de cada día de cobertura de nubes y de tipo de nubes. A partir de estos mapas, se dan cuenta de que las observaciones de cobertura de nubes de los centros cercanos no siempre coinciden con las suyas. En particular, el otro centro de primaria, que está cerca de las montañas, parece tener más cobertura de nubes y más observaciones de nubes de tipo cúmulos que el centro de Natalia. Deciden investigar esto. El centro de secundaria envía observaciones de nubes similares a las suyas.

Al leer sobre el tiempo que hay en las zonas de montaña, descubren que en estas zonas hay generalmente más nubes, porque cuando llega el aire a las montañas tiene que ascender, y el ascenso de aire a menudo lleva a la formación de nubes. Dado que las nubes se forman por movimientos bruscos ascendentes, suelen ser cúmulos e incluso cúmulonimbos. Esto parece explicar lo que ven, y la profesora sugiere que comprueben su explicación.

El alumnado espera comprobar que los centros GLOBE cercanos a las montañas tienen más cobertura de nubes y más observaciones de nubes de tipo cúmulo que otros centros cercanos más alejados de las montañas.

Después de examinar los datos de un año entero, obtienen los siguientes datos sobre 240 observaciones:

	Centro de Natalia	Centro cercano a la montaña
Sin nubes	15	10
Despejado	33	27
Aisladas	18	14
Dispersas	32	35
Roto	64	66
Cubierto	71	79
Cielo oculto	7	9

Parece claro que el centro cercano a la montaña tiene más días de cielo cubierto y menos días de cielo despejado (o días sin nubes) que el centro de Natalia. Los alumnos están contentos por haber podido confirmar su hipótesis a partir de sus observaciones.

Investigación Posterior

Otra cosa que llama su atención es el gran número de observaciones de nubes bajas (23 días más con nubes bajas en el centro próximo a la montaña que en la escuela de Natalia), y se preguntan si son cúmulonimbos o cúmulos. También se preguntan si el centro próximo a la montaña tiene más precipitación que la escuela de Natalia, si tienen más nubes de tipo cúmulonimbo. ¡El alumnado está impaciente por comenzar su próxima investigación!

Figura AT-N-2

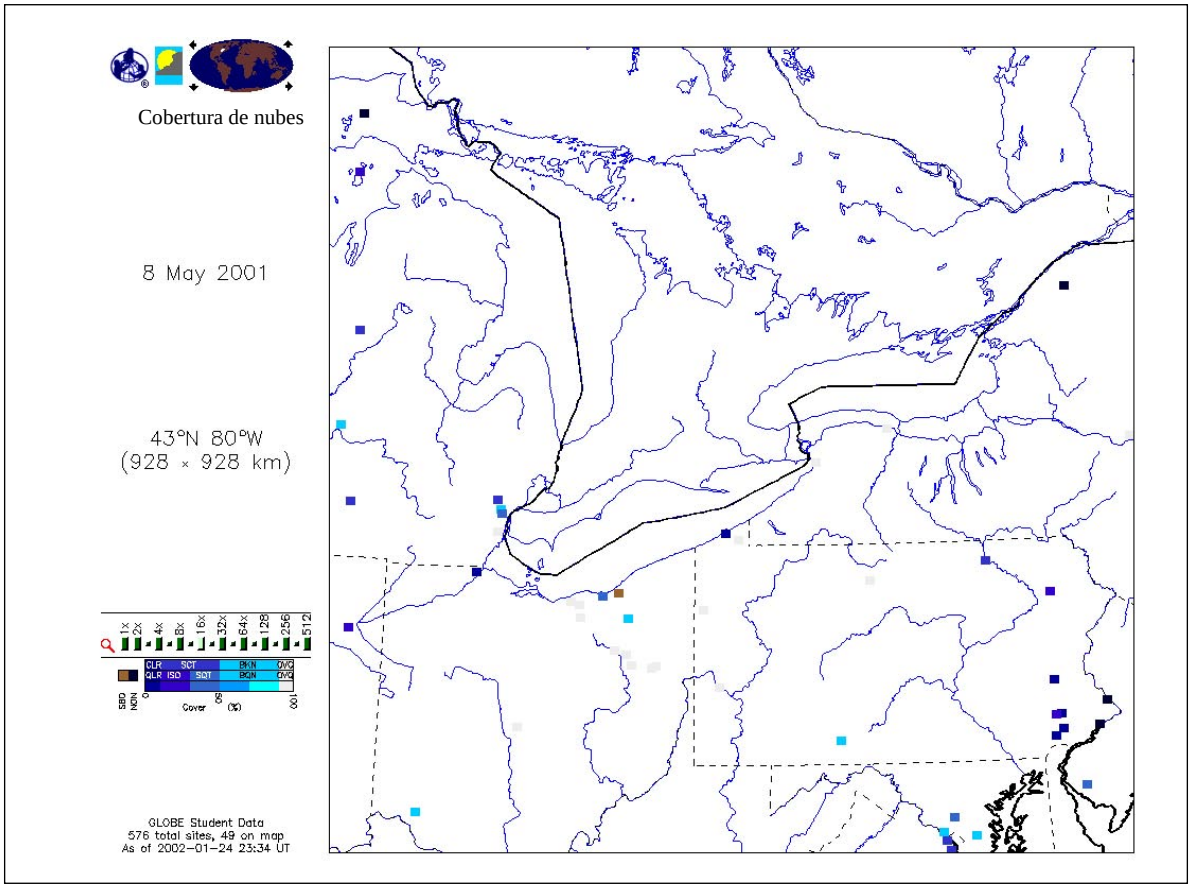
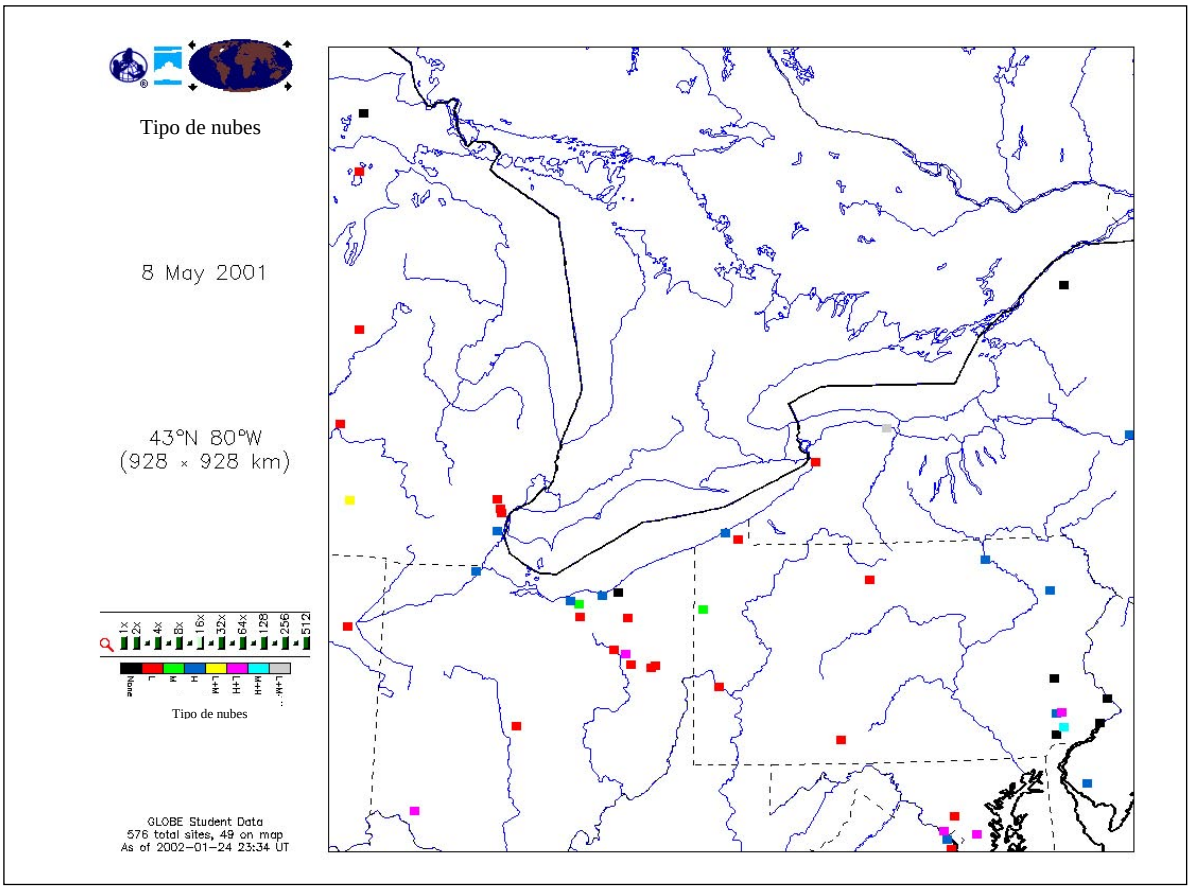



Figura AT-N-3