

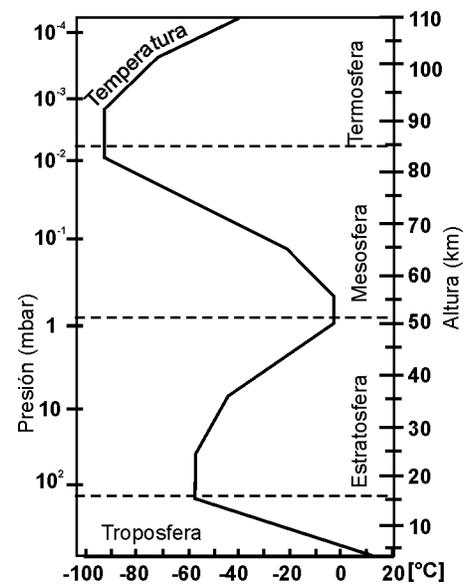
# 1. ANTECEDENTES

## 1.1. Que es la atmósfera

Nuestro planeta se encuentra cubierto por una gran masa de gases llamada atmósfera, además de ser el medio en el que vivimos, nos protege de la radiación solar y regula la temperatura en la superficie. Aunque está constituida de varios gases y partículas, el oxígeno y el nitrógeno constituyen el 99%, algunos otros componentes importantes son el  $CO_2$ , el ozono, el azufre y el vapor de agua. Estos gases se encuentran mezclados, sin embargo, la presión, la densidad y la temperatura varían de manera importante con la altura. Las variaciones de temperatura sirven como una referencia que permite dividir a la atmósfera en varias capas: la troposfera, la estratosfera, la mesosfera y la termosfera, los límites entre cada capa son llamados tropopausa, estratopausa y mesopausa respectivamente, como nos muestra mas detalladamente la figura 1.1.

Capa	Características	Límite
Termosfera	La temperatura en esta capa se rige por la actividad solar, se absorben rayos gamma y rayos X. Aquí se dan las auroras boreales. La temperatura aumenta con la altura	500 km
Mesosfera	Es la parte más fría de la atmósfera y en ella ocurren diversos procesos químicos. La temperatura disminuye con la altura	85 km
Estratosfera	El ozono que se encuentra en esta capa filtra la luz solar y la convierte en calor. La temperatura aumenta con la altura	50 km
Troposfera	Capa inferior en la que se dan los fenómenos meteorológicos. La temperatura disminuye con la altura	16 km

a) Características de las diferentes capas de la atmósfera



b) Comportamiento de la temperatura

Figura 1.1.: Capas de la atmósfera

## 1. ANTECEDENTES

La troposfera es la capa de la atmósfera en la cual centraremos nuestra área de estudio. La palabra troposfera proviene del griego “tropos” que significa girar o mezclar y “sphaira” que significa esfera; esto debido a que esta capa es muy turbulenta. Sus características principales son las siguientes:

- Troposfera* {
- \* Es la capa más baja de la atmósfera
  - \* Ocurren muchos movimientos de masas de aire
  - \* Contiene la mayor parte de la masa de la atmósfera (75%)
  - \* Contiene la mayor parte de la humedad de la atmósfera (99%)
  - \* Es la zona de nubes y fenómenos meteorológicos
  - \* Su límite superior se encuentra aproximadamente a 9 km en los polos y a 18 en el ecuador
  - \* La temperatura en esta capa desciende conforme aumenta la altura hasta unos -70 °C

La parte de la troposfera que se encuentra en contacto directo con la superficie es afectada de manera importante, provocando que sus características sean diferentes a las típicas mostradas por el resto de la atmósfera, a esta zona se le llama capa límite planetaria, o simplemente capa límite (Boundary Layer en inglés). Así, la troposfera se divide en dos partes: la capa límite planetaria y el resto de la troposfera, que es llamada la troposfera libre, o atmósfera libre como se puede ver en la figura 1.2

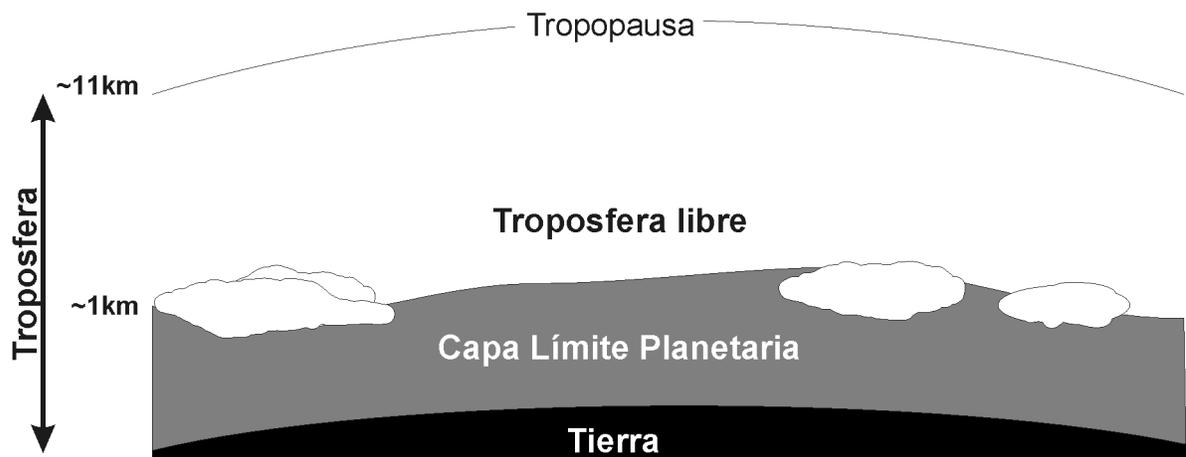


Figura 1.2.: La troposfera se divide en dos: la capa límite planetaria y la troposfera libre.

## 1.2. Formas y métodos para estudio de la Capa Límite planetaria

La Capa Límite se define como “la parte de la troposfera que es directamente afectada por la superficie de la Tierra, respondiendo a los efectos de la superficie dentro de la escala de tiempo de una hora o menos”. Cabe señalar que la respuesta mencionada no implica que se alcance un equilibrio sino que los efectos sean significativos dentro del lapso. La troposfera entera puede ser afectada por el estado de la superficie, sin embargo, fuera de la capa límite los efectos son muy lentos.

Al depender de los eventos en la superficie, principalmente de los causados por la radiación solar, la capa límite tiene un espesor que varía con el transcurso del día y va desde 100 metros hasta unos kilómetros. La mayoría de las actividades humanas se realizan dentro de esta Capa, y muchos de los contaminantes resultantes permanecen atrapados en ella, esparciéndose a causa de las turbulencias en esta sección de la atmósfera. El transporte aéreo de los elementos necesarios para el ciclo vital de las plantas, como la humedad o el polen, también depende de los procesos propios de ésta. Algunos eventos nocturnos como las heladas hacen necesarios la realización de mejores estudios y un mayor aprovechamiento de los métodos de pronóstico para protección y/o planeación de los cultivos. La navegación y la aviación son importantes actividades comerciales que frecuentemente son afectadas por la neblina, tormentas, o algún otro fenómeno en la parte baja de la atmósfera. Por lo tanto, la comprensión de los procesos en la Capa Límite, por medio de diferentes estudios de campo, es fundamental para poder realizar una mejor planeación de nuestras actividades. Que van desde la ropa que usaremos hasta el diseño y ubicación de diversas construcciones; ya sea para mejorar su resistencia o para disminuir los efectos en el medio ambiente; pasando por una adecuada planeación de cultivos, así como su protección adecuada; por mencionar algunas.

El interés del hombre por los eventos que suceden en la atmósfera, y más específicamente en la Capa Límite, es probablemente tan antiguo como el hombre mismo, sin embargo, los estudios científicos serios sólo pudieron realizarse una vez que se desarrollaron los instrumentos adecuados: el termómetro fue inventado en 1600 por Galileo, aunque sus escalas fueron inventadas hasta 1700 (Fahrenheit y Celsius); el higrógrafo de cabello fue inventado en 1780 por De Saussure; por su parte el barómetro en 1643 fue inventado por Torricelli. Cada uno de estos instrumentos y otros más han ido cambiando y evolucionando con el tiempo; uno de los pasos en esta evolución fue el reunir estos dispositivos, conformando así las estaciones meteorológicas.

## 1. ANTECEDENTES

Las estaciones meteorológicas son un grupo de sensores que miden y registran las condiciones del tiempo, la mayoría de estos instrumentos se colocan dentro de un cobertizo meteorológico, generalmente hecho de madera y con paredes de persianas; los registros se hacen de manera gráfica. Actualmente las estaciones meteorológicas están siendo sustituidas por las Estaciones Meteorológicas Automáticas, que contienen instrumentos más compactos y de los cuales se obtienen señales eléctricas, lo que permite que el registro ya no sea gráfico sino electrónico y por ende mucho más sencillo. La tabla 1.1 resume las principales características de ambos tipos de estaciones.

Tabla 1.1: Comparación entre una estación meteorológica clásica y un automática

Tipo de estación	Sensores que utiliza	Principales características
Estación Meteorológica Clásica	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Termómetro de mercurio normal</li> <li>■ Termómetro de mercurio de max/min</li> <li>■ Higrómetro o higrógrafo de cabello</li> <li>■ Barómetro</li> <li>■ Pluviómetro</li> <li>■ Anemómetro</li> <li>■ Veleta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ El almacenamiento es gráfico (sobre papel).</li> <li>■ El funcionamiento de los sensores es de manera mecánica.</li> </ul>
Estación Meteorológica Automática	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Termo-Higrómetro</li> <li>■ Piranómetro (Radiación Solar / neta)</li> <li>■ Barómetro</li> <li>■ Pluviómetro</li> <li>■ Anemómetro</li> <li>■ Veleta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ El almacenamiento se hace mediante un Adquisidor de datos en un módulo de memoria.</li> <li>■ La mayoría de los sensores requieren de una fuente de alimentación eléctrica para funcionar.</li> <li>■ Los sensores son pequeños.</li> <li>■ Fácil instalación</li> </ul>

## 1. ANTECEDENTES

Si bien la medición de parámetros de la atmósfera sobre la superficie es básica para el estudio de la atmósfera, también es necesario obtener datos de la atmósfera en zonas más altas, principalmente para análisis y modelado meteorológico o estudios del estado de la calidad del aire. Con este objetivo existen otros tipos de instrumentos que podemos dividir en dos tipos: los equipos de medición remota y los equipos de medición basada en globos. Véase figura 1.3.

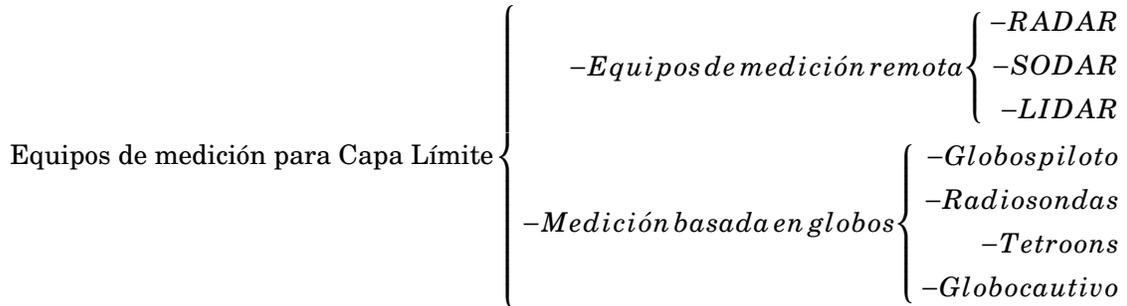


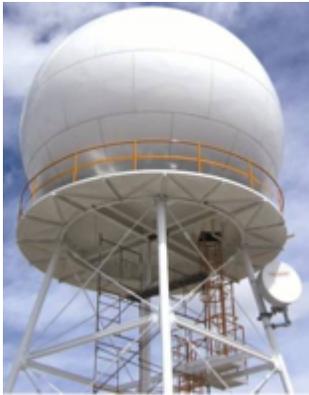
Figura 1.3.: Equipos de medición para la Capa Límite Planetaria

### Equipos de medición remota

Los equipos de medición remota, como su nombre lo indica, realizan mediciones en lugares que se encuentran lejanos a los sensores; su funcionamiento se basa en la interpretación de la interacción de ondas, de diferentes partes del espectro, con la atmósfera. Desde un emisor se generan pulsos de energía (ondas) que se dirigen a la zona de estudio. La mayor parte de esta energía se pierde debido a procesos de absorción; la parte restante es reflejada por partículas en la atmósfera y es capturada por una antena receptora, esta antena dirige la energía a un transductor que la convierte en una señal eléctrica para su procesamiento.

En general, son tres los aparatos de este tipo: el radar (del inglés: radio detecting and ranging, detección y localización por radio), que usa señales de microondas, figura 1.4 a); el lidar (del inglés: light detecting and ranging), que utiliza el láser como señal, figura 1.4 b); y el sodar (del inglés: sound detecting and ranging), que es un sistema basado en señales acústicas, figura 1.4 c). La diferencia más importante entre estos aparatos son el tipo de ondas con que trabajan; por lo cual su potencia, alcance y aplicaciones varían, así como su precio. La gran ventaja de los equipos de medición remota es que se pueden obtener valores o promedios de un área (o volumen) grande de la atmósfera, los cuales son más representativos que un valor puntual.

## 1. ANTECEDENTES



a) Radar



b) Sodar



c) Lidar

Figura 1.4.: Sistemas de medición remota

### Sistemas de medición basados en globos

Al contrario de los sistemas de medición remota, los equipos de medición basadas en globos son sistemas de medición directa, es decir, los sensores que se utilizan para medir las características de la atmósfera deben estar en el lugar de interés. Como antecedente los sistemas de medición directa con globos se obtienen las mediciones con ayuda de cometas. En este tipo de mediciones, se utilizaban un grupo de varias cometas que elevaban sensores conectados a graficadores o registradores de tipo mecánico. La trayectoria de los sensores se seguía por medio de teodolitos, con los datos obtenidos por estos y conociendo la cantidad de hilo liberada, podía aproximarse la altura de los sensores con ayuda de algunos cálculos trigonométricos. Si bien el uso de cometas resultaba económico, es primordial la participación del viento para poder elevar el sistema y efectuar con éxito la medición. Debido a esto, se utilizó globos a la par de los cometas como complemento en los días de calma. Básicamente se utilizan los siguientes tipos de globos: los globos piloto, las radiosondas y los globos cautivos, aunque también existe un tipo especial de globos llamados tetron (ver figura 1.5).

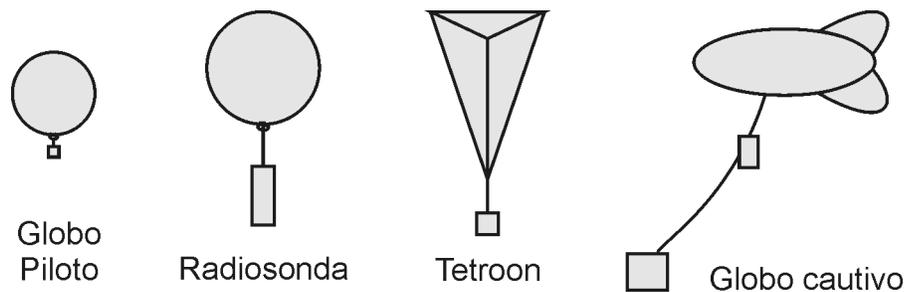


Figura 1.5.: Sistemas de medición con globos

## 1. ANTECEDENTES

**Globos piloto** El sistema de globo piloto es el más sencillo, consta de un teodolito y un globo esférico de látex no instrumentado. El globo se llena de helio y se suelta libremente, la trayectoria descrita se sigue por medio del teodolito, registrando los ángulos de azimut y elevación observados en intervalos de tiempo constantes como puede verse en la figura 1.6. A partir de estos datos y suponiendo que la velocidad de ascenso del globo es constante se crea el perfil de vientos del lugar.



Figura 1.6.: Medición con globo piloto

**Radiosondas** Las radiosondas son equipos más complejos y muy ampliamente utilizados en el estudio de la Capa Límite. Constan de un grupo de sensores y un sistema transmisor atados a un globo de látex esférico lleno de helio para después dejarlo volar libremente, como se puede ver en la figura 1.7. Los sensores se encargan de obtener los datos que son enviados por medio de un sistema de telemetría a la estación base. Los datos obtenidos son de humedad, temperatura, presión y viento. El principal costo en este tipo de equipos no lo tienen las sondas utilizadas, sino el equipo de telemetría (adquisición de datos) que normalmente incluye un software para almacenamiento de datos en una computadora. Además de que este costo se puede incrementar notablemente si los lanzamientos se realizan muy frecuentemente, esto debido a que las sondas rara vez se recuperan. La ventaja principal de este tipo de equipos es que se pueden obtener datos de grandes alturas de la atmósfera (alrededor 15 km), sin embargo no se cuenta con un control de la velocidad de ascenso que afecta directamente a la resolución vertical de los datos.

## 1. ANTECEDENTES



Figura 1.7.: Foto de una radiosonda

**Tetroons** Existe una clase especial de globos, llamados tetroons, que mantienen una presión interna constante, ya que se fabrican de un material no elástico en lugar del látex como se puede observar en la figura 1.8. Una vez inflado, el globo se eleva hasta una altura en donde la presión del aire es igual a la presión del globo, permitiéndole, en teoría, mantenerse a una altura constante. Debido a que los globos de látex tienden a subir hasta estallar, se obtienen datos de un corte vertical de la atmósfera, en cambio, como los tetroons son arrastrados por el viento, se obtienen datos de un corte horizontal de la atmósfera.



Figura 1.8.: Foto de un Tetroon

**Globos cautivos** Los globos cautivos se conforman básicamente de un globo tipo zeppelin con una forma aerodinámica que le permita elevarse con el viento como un papalote y disminuya el arrastre provocado por el viento; un hilo ligero pero fuerte que mantenga anclado el globo; un malacate eléctrico para controlar el ascenso y descenso del globo; uno o varios grupos de sensores (sondas) para medir las diferentes variables físicas requeridas; y un equipo de adquisición y almacenamiento de datos (Ver figura 1.9).

## 1. ANTECEDENTES

El mantener el globo anclado nos brinda varias ventajas:

- La sonda puede reutilizarse, lo cual permite utilizar sensores de mejor calidad.
- Relativamente bajo costo.
- Se tiene un control de la resolución vertical debido a que se puede controlar la velocidad con que se enreda o desenreda el hilo en el malacate.

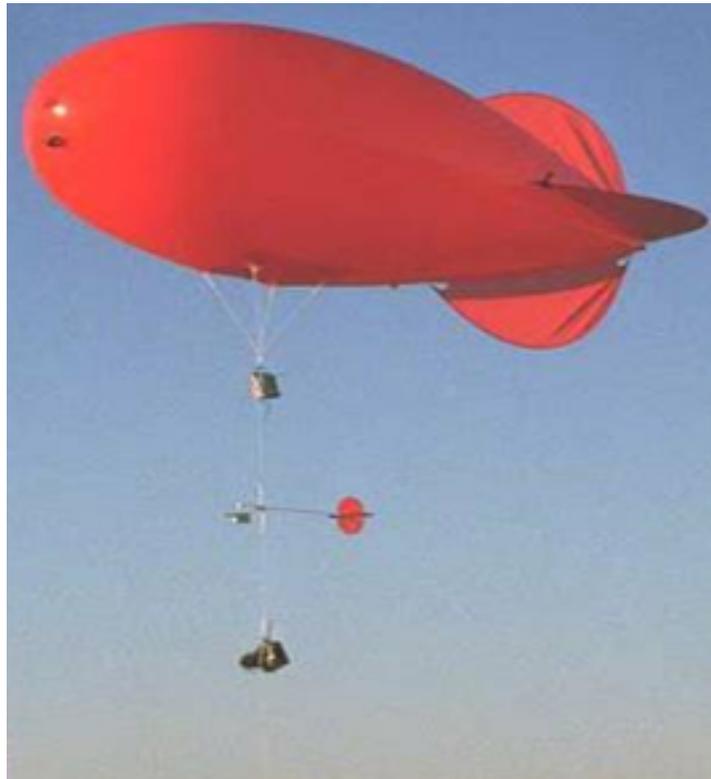


Figura 1.9.: Globo Cautivo instrumentado