

## ATMOSFERA Y LEYES DE LOS GASES

*Autor: C.D.G.(S) Luis Gustavo HEIN Molina*

### I. INTRODUCCION

Desde tiempos remotos el organismo humano ha sido comparado con una máquina perfecta, no obstante, es necesario resaltar que este organismo se encuentra diseñado para desenvolverse bajo ciertas condiciones, como lo son entre otras, la posición bípeda y sometido a cierto rango de presión atmosférica, concentración de oxígeno, aceleración, etc.; condiciones que el avance tecnológico y en especial la aviación no han respetado, por lo cual se han hecho evidentes algunas limitaciones que posee el ser humano bajo ciertas condiciones.

Con el objeto de contribuir a la Seguridad de Vuelo, es necesario conocer, comprender y entrenarse en estas limitaciones del ser humano, por lo cual resulta indispensable antes que nada, conocer el ambiente y condiciones en que se desarrolla la aviación, para de esta forma, comprender por qué se producen estas limitaciones.

### II. DEFINICION

Existen múltiples definiciones de atmósfera, todas correctas según los aspectos de ésta que se tomen en consideración. Para fines prácticos podemos decir que "la atmósfera es una mezcla de moléculas gaseosas que constituye un envoltorio rodeando a la tierra, sin el cual no sería posible la vida biológica, constituyendo un escudo protector contra los efectos perjudiciales de la radiación solar y manteniendo una temperatura adecuada para la vida en los estratos inferiores de este envoltorio gaseoso en contacto con la superficie terrestre".

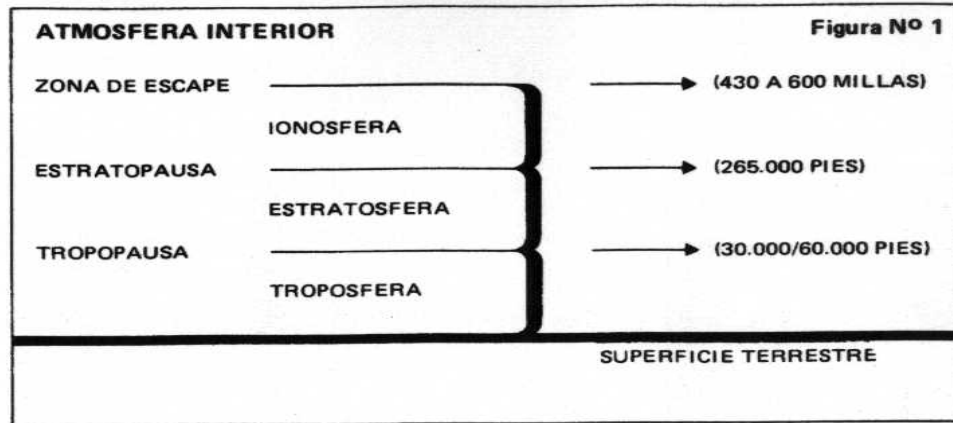
### III. ESTRATIFICACION

Este envoltorio gaseoso puede dividirse en dos grandes zonas a saber: una atmósfera interior que va desde la superficie terrestre hasta una altura de 430 a 600 millas y una atmósfera exterior o Exosfera, que va desde las 430 - 600 millas de altitud hasta un límite muy impreciso de 1.200 a 35.000 millas de distancia de la superficie terrestre.

Ambas atmósferas (interior y exterior) se encuentran separadas por una zona en la cual las moléculas gaseosas en su expansión normal vencen la fuerza de atracción gravitacional y por lo tanto, comienzan su migración hacia el espacio. Debido a esta característica, esta zona se denomina "Zona de Escape".

Para fines de fisiología del vuelo, interesa conocer especialmente la atmósfera interior, la cual a su vez se puede estratificar (Figura N° 1), de acuerdo a ciertas características de ella.

FIG. Nº 1 ESTRATIFICACION ATMOSFERA INTERIOR



Dado que la actividad aérea habitual se desenvuelve en la Tropósfera o en los estratos bajos de la estratósfera, desde el punto de vista fisiológico, interesa conocer algunas características de estas zonas.

#### IV. TROPOSFERA

##### Características

1. En cuanto a la temperatura, hay un descenso constante de 2°C por cada 1.000 pies de ascenso que se ha denominada "Gradiente Térmica Vertical", hasta un punto en el cual la temperatura no sigue disminuyendo a pesar del ascenso. Este punto bien preciso, denominado "Tropopausa", corresponde aproximadamente a los (-) 55°C y marca con precisión el límite entre la Tropósfera y la Estratósfera.
2. Las radiaciones solares y en especial los rayos infrarrojos, llegan a la superficie terrestre y rebotan, pero no se devuelven hacia el espacio, sino que vuelven a rebotar en los estratos inferiores de la atmósfera, dirigiéndose nuevamente hacia la superficie terrestre, produciendo en la Tropósfera un fenómeno conocido como "efecto invernadero", el cual es responsable de las variaciones climáticas que sólo suceden en ésta capa atmosférica.
3. La Tropósfera es la única capa atmosférica, en la cual hay presencia de vapor de agua.

#### V. ESTRATOSFERA

La característica más importante de esta capa es que en ella se encuentra una sub-capa, denominada ozonosfera, cuyas características se señalan a continuación:

##### Ozonosfera

##### Características

1. Constituye una sub-capa de la estratósfera, ubicada entre 60.000 a 140.000 pies de altura, que actúa como filtro de las radiaciones ultravioletas y en especial aquellas de longitud de onda corta, impidiendo que éstas lleguen a la superficie terrestre, donde producirían un efecto fisiológico tan perjudicial que quizás no permitiría la existencia de vida en la superficie terrestre.

- La Ozonósfera se forma mediante la ruptura del enlace que une a los dos átomos de la molécula de oxígeno ( $O_2$ ), y la recombinación anómala de tres átomos de oxígeno, lo que constituye la molécula de Ozono ( $O_3$ ). Esta reacción química es del tipo exotérmica, es decir libera energía, la cual es responsable del aumento de temperatura que sucede en los niveles inferiores de la Estratósfera.

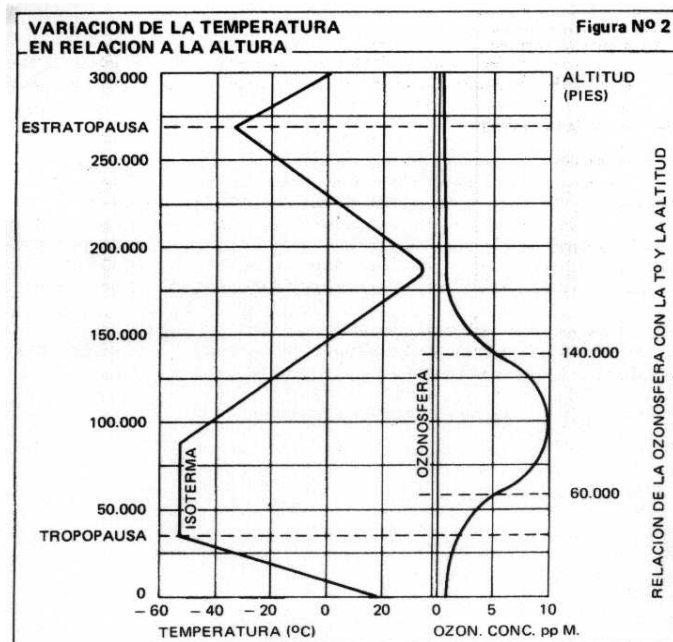
## VI. IONOSFERA

### Características

- Corresponde a la capa más alejada de la atmósfera interior, limitando con la zona de escape. En ella se produce la ionización de las moléculas gaseosas por efecto de las radiaciones ultravioleta. Esta ionización produce aumento de temperatura sin efecto térmico por la escasa densidad.
- Esta capa actúa como reflector de radiaciones electromagnéticas de onda larga, fenómeno utilizado por las comunicaciones radiales.

## VII. VARIACION DE LA TEMPERATURA EN RELACION A LA ALTURA

En Figura N° 2, se resume lo que ocurre con la temperatura en relación con la altura. En la tropósfera se observa el descenso constante de la temperatura en  $2^\circ\text{C}$  por cada 1.000 pies de ascenso, hasta el momento en que se detiene el descenso de la temperatura (aproximadamente  $-55^\circ\text{C}$ ) marcando la tropopausa. Esta temperatura se mantiene constante en los niveles inferiores de la Estratósfera, hasta que comienza a aumentar por el efecto exotérmico de la Ozonósfera. Al cesar el efecto de la Ozonósfera, vemos que la temperatura nuevamente comienza a descender hasta un punto en que vuelve a aumentar. Este último punto marca el límite entre la Estratósfera y la Ionosfera (Estratopausa), siendo la razón de este aumento de temperatura la reacción exotérmica de la ionización de las moléculas de la atmósfera.



## VIII. COMPOSICION GASEOSA DE LA ATMOSFERA

Como se expresó en la definición de atmósfera, ésta es una mezcla de moléculas gaseosas. La cantidad de elementos gaseosos que constituyen la atmósfera es enorme; basta con mencionar que los gases provenientes de los organismos biológicos en putrefacción, al igual que los gases provenientes de las chimeneas de las industrias, forman parte de la atmósfera. Sin embargo, la mayoría de estos gases se encuentran en cantidades tan pequeñas que para fines prácticos no se consideran.

Por lo expresado en el párrafo precedente y para fines prácticos relacionados con la fisiología de aviación, se ha considerado que la atmósfera se encuentra formada principalmente por una mezcla de gases como se señala en la tabla N°1. No obstante, dado que en esta distribución no se ha considerado el vapor de agua, se llama a los porcentajes señalados, como la composición de la atmósfera seca. Es importante señalar que esta distribución se mantiene constante hasta una altura aproximada de 60 millas.

TABLA N° 1 COMPOSICION ATMOSFERA SECA

ELEMENTO	SIMBOLO	%
NITROGENO	(N <sub>2</sub> )	78%
OXIGENO	(O <sub>2</sub> )	21%
OTROS	(Gases nobles, CO <sub>2</sub> , etc.)	1%
		100%

## IX. FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE LA MASA ATMOSFERICA

En general hay dos fuerzas que actúan sobre las moléculas gaseosas de la atmósfera que producen una distribución no homogénea de ésta, en la cual observamos que un 78% de la atmósfera se encuentra en la tropósfera y el 98% se encuentra bajo los 100.000 pies. Por lo mismo, es fácil comprender que las variaciones de presión van a ser mayores en los estratos inferiores de la atmósfera. Las fuerzas que actúan son:

1. **RADIACIÓN SOLAR:** Su efecto de calentamiento hace que las moléculas gaseosas se encuentren lo más separadas posible unas de las otras. Esto determina el número de partículas por volumen o densidad.
2. **FUERZA GRAVITACIONAL:** La fuerza gravitacional, que va disminuyendo en la medida que aumenta la altura, actúa sobre estas "partículas por volumen", produciendo una distribución no homogénea de la densidad, por lo cual observamos que en los estratos inferiores de la atmósfera, donde la influencia de la fuerza gravitacional es mayor, hay una mayor compactación de moléculas gaseosas y por lo tanto una mayor densidad.

## X. CORRELACION ENTRE PRESION BAROMETRICA Y ALTURA

La presión barométrica, que puede medirse con un barómetro, es el peso que ejerce una columna de aire con una sección o diámetro de una pulgada cuadrada desde el barómetro hacia el espacio. Si el barómetro se coloca a diferentes alturas bajo algunas condiciones estándar, se puede confeccionar una curva exponencial relacionando la Presión Barométrica y la altura. Esta correlación ha quedado estandarizada y tabulada en lo que se conoce como: "U.S. STANDARD ATMOSPHERE" algunas de cuyas cifras se señalan en Tabla N°2.

Tabla nº 2		U.S. STANDARD ATMOSPHERE	
Altura (Pies)	Presión (mmHg)	ATM	
0	760	= 1 atm.	
18.000	380	= 1/2 atm.	
27.000	259	= 1/3 atm.	
34.000	188	= 1/4 atm.	
42.000	128	= 1/6 atm.	
100.000	8	= 1/95 atm. aprox.	

## XI. PRINCIPIOS BASICOS DE LAS LEYES DE LOS GASES

Los gases en general se comportan siguiendo algunos principios físicos constantes traducidos en las Leyes Físicas de los gases. Asimismo, los gases en el cuerpo humano se comportan obedeciendo a estas mismas leyes, por lo cual, es necesario conocerlas y de esta forma comprender lo que le sucede al organismo humano al desenvolverse en esta atmósfera gaseosa que tiene algunas características especiales, explicadas anteriormente. En forma resumida hay cinco (5) Leyes de los Gases que tienen implicancia directa en la fisiología humana y con mayor razón en la Fisiología de Aviación.

### 1. LEY DE DIFUSION GASEOSA

**Enunciado:** *"Todo gas difunde de un área de mayor presión a un área de menor presión, hasta igualar las presiones".*

**Significación Fisiológica:** La aplicación de esta Ley se verá en relación con la difusión de gases a nivel pulmonar y celular del organismo, permitiendo el intercambio gaseoso entre la célula y la atmósfera. Cabe mencionar que en una mezcla gaseosa cada gas se comporta en forma independiente.

### 2. LEY DE DALTON

**Enunciado:** *"En una mezcla gaseosa la presión total equivale a la sumatoria de las presiones parciales de cada uno de los gases que conforman dicha mezcla"*

**Significación Fisiológica:** En el caso específico de la atmósfera, la Presión Total o Barométrica corresponde a la sumatoria de las presiones ejercidas por el nitrógeno, el oxígeno y otras. Además, si la P.B. disminuye significa que la presión de O<sub>2</sub> disminuirá proporcionalmente pudiendo conducir a los fenómenos de Hipoxia.

### 3. LEY DE BOYLE

**Enunciado:** *"El volumen que ocupa un gas es inversamente proporcional a la presión de éste si la temperatura permanece constante"*

**Significación Fisiológica:** Los gases que se encuentran atrapados en las cavidades orgánicas (a t° constante) van a aumentar de volumen al disminuir la presión barométrica (ascenso).

### 4. LEY DE CHARLES

**Enunciado:** *"A volumen constante la presión de un gas es directamente proporcional a la temperatura de éste".*

**Significación Fisiológica:** Un cilindro de oxígeno (volumen constante) al ser enfriado en forma importante hará que la presión del oxígeno en su interior disminuya.

## 5. LEY DE HENRY

**Enunciado:** *“La cantidad de un gas que se disuelve en una fase líquida es directamente proporcional a la presión a que se encuentra dicho gas sobre el líquido”.*

**Significación Fisiológica:** Tanto el oxígeno como el nitrógeno, para penetrar el organismo humano desde la atmósfera, deben disolverse en una fase líquida (sangre). Asimismo, el comportamiento del Nitrógeno disuelto en el organismo, bajo ciertas circunstancias podrá desencadenar la Enfermedad por Descompresión.

## XII. DIVISIONES FISIOLÓGICAS DE LA ATMÓSFERA

Se ha analizado hasta el momento en forma somera la atmósfera en atención a sus características físicas primordialmente. Corresponde correlacionar la tolerancia y capacidad fisiológica del ser humano frente a este medio ambiente en el cual se desarrollan las actividades de aviación.

Para este fin se ha estratificado a la atmósfera en tres zonas, de acuerdo a la adaptación fisiológica, a saber:

- A. Zona Fisiológica. (de 0 a 10.000 pies)** Se caracteriza porque el organismo humano puede vivir en esta zona con pequeñas adaptaciones fisiológicas sin recurrir a medios externos o extraños a su organismo.
- B. Zona Deficitaria: (de 10.000 a 50.000 pies)** Zona en la cual el organismo humano no puede sobrevivir en forma indefinida sin un aporte extraordinario de oxígeno.
- C. Zona Equivalente - Espacio: (de 50.000 pies hacia arriba).** Zona en que se requiere cabina presurizada y/o traje presurizado completo, además del aporte de oxígeno extraordinario. Los problemas fisiológicos que existirían en esta zona son esencialmente iguales a los que habría para la existencia del hombre en el espacio.