

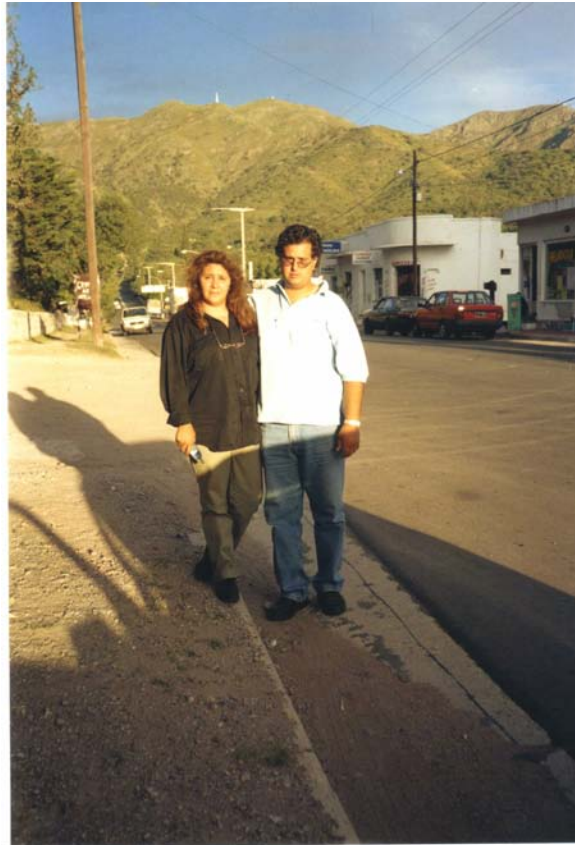
## **Agradecimientos**

*Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres que me dan su amor y su apoyo incondicional en todo momento. A mi abuela por mimarme. A mi novio por compartir las alegrías y tristezas que pasamos en estos años.*

*Agradezco a todo el plantel docente del Instituto Superior Fundación Suzuki, en especial a la Dra. Elizabeth Calvo de Suzuki por su constante exigencia; al Prof. Claudio Oglietti por enseñarme a ser tolerante en situaciones difíciles; al Ing. Javier Accinelli por transmitirme sus conocimientos, al profesor Ernesto Cyrulies por las correcciones realizadas a mi tesina y al Prof. Carlos Grande por hacerme ver que se puede hacer matemática desde otro punto de vista.*

*Y especialmente a mi abuelito Alberto que a pesar que físicamente no esta hace cuatro años, sigue protegiéndome y dándome fuerzas para seguir adelante.*





## **Abstract**

The work approaches the relationship of the climatic changes with the population's increment, that which is evidenced in the investigated periods. The human being's list and of the external factors to him offer a risk for the planet, causing climatic variations, maybe not suspected until the present time.

Taking the entirety of the County of Buenos Aires like representative sample analyzes the changes of the atmospheric pressure and the temperature in their population's function. The big populational concentrations and the high industrialization levels make of this county a place that equals their characteristics with those of any city of the world.

The investigated databases were given by the National Meteorological Service, the Military Geographical Institute and the INDEC that with the application of methods and concepts that the statistic has elaborated in the last times, it allows to elucidate the magnitude of the meteorological changes.

## **Resumen**

El trabajo aborda la relación de los cambios climáticos con el incremento de la población, lo cual se evidencia en los períodos investigados. El rol del ser humano y de los factores externos a él ofrecen un riesgo para el planeta, ocasionando variaciones climáticas, quizás no sospechadas hasta la actualidad.

Tomando la totalidad de la Provincia de Buenos Aires como muestra representativa analizo los cambios de la presión atmosférica y la temperatura en función de su población. Las grandes concentraciones poblacionales y los altos niveles de industrialización hacen de esta provincia un lugar que iguala sus características con las de cualquier ciudad del mundo.

Las bases de datos investigadas fueron suministradas por el Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto Geográfico Militar y el INDEC, que con la aplicación de métodos y conceptos que la estadística ha elaborado en los últimos tiempos, permite dilucidar la magnitud de los cambios meteorológicos.

## **1. Introducción**

Hace alrededor de 65 millones de años un asteroide gigante entró en colisión con la Tierra. Según las estimaciones científicas, el choque arrojó tanto polvo a la atmósfera que dejó al mundo en tinieblas durante tres años. La luz solar se redujo en gran medida, impidiendo el crecimiento de numerosas plantas, las temperaturas descendieron, la cadena alimenticia se rompió y muchas especies desaparecieron, incluida la mayor que existiera sobre la faz de la Tierra. La catástrofe que dió cuenta de los dinosaurios es sólo una ilustración de cómo el cambio climático puede fomentar el desarrollo de una especie o liquidarla.

Según otra teoría, los seres humanos evolucionaron cuando las temperaturas mundiales descendieron considerablemente y las precipitaciones disminuyeron hace unos seis millones de años. Por ejemplo, los primates superiores parecidos a los simios solían refugiarse en los árboles, pero como consecuencia de esta variación climática de larga duración, los bosques fueron reemplazados por praderas. Los "simios" se encontraron en una planicie vacía mucho más fría y seca que su medio anterior y sumamente vulnerables ante los predadores.

La desaparición total era una posibilidad concreta y los primates aparentemente se adaptaron con dos saltos evolutivos: primero adoptaron la postura erecta, que les permitió recorrer largas distancias a pie, con las manos libres para transportar hijos y alimentos; y luego sus cerebros se volvieron mucho más voluminosos, aprendieron a manejar instrumentos y se convirtieron en omnívoros<sup>1</sup>. Generalmente se considera a este segundo ser con un cerebro más desarrollado, como el primer humano.

A partir de entonces, las variaciones climáticas han modelado el destino de la humanidad, y el ser humano ha reaccionado en gran medida adaptándose, emigrando y desarrollando su inteligencia. Durante las últimas glaciaciones, los niveles de los océanos descendieron y los seres humanos se desplazaron a través de puentes continentales desde el Asia hacia las Américas y las islas del Pacífico. Desde entonces se han registrado numerosas migraciones, innovaciones y también catástrofes. Algunas de estas han tenido su origen en pequeñas fluctuaciones climáticas, con unos pocos decenios o siglos de temperaturas levemente superiores o inferiores a la media, o sequías prolongadas. La más conocida es la Pequeña Era Glaciar, registrada en Europa a comienzos de la Edad Media que provocó hambrunas, insurrecciones y el abandono de las colonias septentrionales en Islandia y Groenlandia. El hombre ha soportado durante milenios los caprichos climáticos, recurriendo a su ingenio para adaptarse, incapaz de influir en fenómenos de tal magnitud.

Eso era hasta ahora. Paradójicamente, la notoriedad aparente que hemos logrado como especie bien puede habernos llevado a un callejón sin salida. El crecimiento demográfico ha alcanzado un punto tal que haría muy difícil una migración en gran escala en caso de que un cambio climático de grandes proporciones la hiciera necesaria, ya que los productos de nuestra inteligencia (industrias, transportes, etc.) han conducido a una situación desconocida en el pasado. Anteriormente el clima mundial hacía migrar a los seres humanos constantemente de región; ahora pareciera que estos últimos estarían cambiando el clima. Los resultados todavía son inciertos, pero si las predicciones actuales se confirman, el cambio climático que tendrá lugar en el próximo siglo será de una amplitud sin precedentes desde los comienzos de la civilización humana.

El principal cambio que se ha registrado hasta la fecha ha sido en la atmósfera terrestre. El asteroide gigante que terminó con los dinosaurios arrojó grandes nubes de polvo en el aire, pero nosotros estamos causando fenómenos de dimensiones similares, aunque en forma más sutil. Hemos provocado, y

---

<sup>1</sup> Omnívoro: Dícese de los animales que se alimentan de cualquier clase de sustancias orgánicas.

continuamos haciéndolo, un cambio en el equilibrio de los gases que componen la atmósfera, y ello es particularmente cierto con relación a los "gases de efecto invernadero" principales, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). (A pesar de que el vapor de agua es el gas termo activo más importante, las actividades del hombre no lo afectan directamente). Estos gases, que se encuentran normalmente presentes en la atmósfera, representan menos de una décima parte del 1 por ciento de la atmósfera total, compuesta principalmente de oxígeno (21 por ciento) y nitrógeno (78 por ciento), pero son vitales porque actúan como una manta natural alrededor de la Tierra, sin la cual la superficie de nuestro planeta sería cerca de 30°C más fría que en la actualidad.

El problema se basa en que la actividad del hombre está "espesando" la manta atmosférica. Por ejemplo, cuando quemamos carbón, petróleo y gas natural, liberamos cuantiosos volúmenes de dióxido de carbono en el aire, al igual que cuando destruimos los bosques, dejamos escapar a la atmósfera el carbono almacenado en los árboles. Otras actividades esenciales, como la cría de ganado y el cultivo de arroz, también emiten metano, óxido nitroso y otros gases de efecto invernadero. Si las emanaciones continúan aumentando al ritmo actual, es casi seguro que en este siglo los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera duplicarán los registros preindustriales y si no se toman medidas para frenar dichas emisiones, es muy probable que los índices se tripliquen para el año 2100.

"De acuerdo con el consenso científico, el resultado más directo podría ser un calentamiento de la atmósfera mundial" del orden de 1 a 3,5°C durante los próximos 100 años. A esto se debe sumar un manifiesto incremento de temperatura de un 0,5°C desde el período preindustrial anterior a 1850, parte del cual sería producto de emisiones anteriores de gases de efecto invernadero."<sup>2</sup>

Es difícil pronosticar en qué medida esta situación podría afectarnos, dado que el clima mundial es un sistema sumamente complejo. Si se alterara un aspecto clave como la temperatura media global, las ramificaciones tendrían un largo alcance. Los efectos inciertos se adicionan: por ejemplo, podría cambiar el régimen de vientos y lluvias que ha prevalecido durante cientos y miles de años y del cual depende la vida de millones de personas; podría subir el nivel de los mares y amenazar islas y zonas costeras bajas. En un mundo cada vez más poblado y sometido a mayores tensiones, que ya tiene suficientes problemas por resolver, esas presiones adicionales podrían conducir directamente a nuevas hambrunas y otras catástrofes.

---

<sup>2</sup> Fuente: Servicio Meteorológico Nacional; [www.smn.meteofa.militar](http://www.smn.meteofa.militar).

El cambio climático es una amenaza para la humanidad, pero nadie puede determinar con seguridad sus futuros efectos o la magnitud de éstos. La reacción ante esa amenaza seguramente será costosa, compleja y difícil. Hay incluso desacuerdo sobre si realmente existe un problema: mientras numerosas personas temen la extrema gravedad de los efectos, otras argumentan que los científicos no pueden dar pruebas irrefutables de que sus previsiones se harán realidad. Además, no está claro quienes son los que sufrirán más en las diversas regiones del mundo. Sin embargo, si la comunidad internacional espera a que aparezcan las consecuencias y las primeras víctimas, probablemente será muy tarde para actuar. ¿Qué se debe hacer?

La verdad es que en casi todos los círculos científicos la cuestión ya no es si el cambio climático es un problema potencialmente grave, sino en qué forma se manifestará, cuáles serán sus repercusiones y cuál será la mejor forma de detectarlas. Los modelos de computadora de algo tan complicado como el sistema climático de nuestro planeta no son aún lo suficientemente avanzados para brindar respuestas claras y concluyentes. No obstante, si bien el cuándo, dónde y cómo no está definido, el panorama que se desprende de estos modelos climáticos nos lanza señales de alarma.

Analizando estas situaciones a nivel mundial, me propongo investigar: “En Bs. As., los cambios de presión atmosférica y temperatura: ¿son influidos por las grandes concentraciones poblacionales de las últimas décadas?”

## **1.1. Antecedentes**

### **1.1.1. Orígenes de la Meteorología**

La meteorología, como ciencia es relativamente joven si se la compara con las matemáticas y la astronomía, pero como parte de los intereses humanos se remonta a tiempos inmemoriales. Probablemente nunca se sabrá cuándo la humanidad empezó a formular reglas para predecir el tiempo. La forma de vida prehistórica, recolectora, cazadora, dependía de los caprichos del tiempo, es así como la gente fue desarrollando poco a poco una sensibilidad casi intuitiva para las condiciones atmosféricas. Los hombres modernos, a quienes el ambiente urbano los separa de la naturaleza han perdido mucha de esa "intuición".

La antigua sabiduría sobre cuestiones de la naturaleza y concerniente a la regularidad de los ciclos celestes, base de los primeros calendarios, incluía los cambios cíclicos en la Tierra y llegó a correlacionarse con el estudio de los fenómenos naturales. Por ejemplo, en Mesopotamia el ciclo estacional estaba

definido por observaciones astronómicas y meteorológicas. De igual forma, en Egipto, donde la prosperidad material ha dependido siempre de las crecidas y bajadas del Nilo, la aparición periódica de estrellas en determinadas constelaciones, como el nacimiento de Sirio, la Canícula, indicaba las fases cíclicas de inundación y sequía. En Egipto se hizo uno de los primeros y más famosos pronósticos a largo plazo cuando según el libro del Génesis, José interpretó un sueño del faraón como la llegada de siete años de hambre que serían seguidos por siete años de prosperidad: una profecía que muy bien podría haberse basado en el ciclo de 14 años descubierto por los sacerdotes-astrónomos egipcios para las crecidas del Nilo.

Pero el conocimiento de las fluctuaciones del tiempo más a corto plazo, así como periodos extemporáneos<sup>3</sup> de frío, calor, lluvia o sequía se hizo necesario. Uno de los primeros avances de la meteorología fue comprender que ciertos tipos de tiempo solían seguir a la aparición de determinados fenómenos. Este primer indicio de meteorología parece haberse desarrollado de manera independiente en diversas partes del mundo antiguo: los valles del Éufrates y el Tigris, el valle del Nilo, del Indo, del río Amarillo y en las costas Mediterráneas.

De esta forma, del conjunto de presagios, proverbios y dichos populares se fueron extrayendo gradualmente una serie de signos que se consideraban indicativos de acontecimientos futuros: algunos basados en la mitología y superstición, otros resumían conceptos sobre el clima fundamentado en cuidadosas observaciones del fenómeno natural; tales como el aspecto del cielo, vientos, acontecimientos como la migración de aves o la foliación de los árboles, entre otros. Los poemas épicos y los textos filosóficos de las civilizaciones antiguas son ricos en dichos populares acerca del tiempo. Los poemas épicos babilónicos datados en el 2000 a de C. contienen explicaciones gráficas de la creación y el diluvio, que evocan el poder de los dioses sobre los fenómenos atmosféricos. La epopeya del Gilgamesh<sup>4</sup> incluye referencias a una violenta tormenta y descripciones de vientos huracanados, lluvia torrencial y las desastrosas inundaciones fechadas unos 1000 años antes que la versión bíblica.

Muchos siglos antes de la era cristiana, los babilonios, guardaban sus documentos en forma de tablilla de arcilla. Los astrólogos babilonios y caldeos eran los encargados de predecir fenómenos terrestres y astronómicos. Sus pronósticos se basaban en observaciones del movimiento planetario, fenómenos ópticos y aspectos del cielo, entre otros. Utilizaban en particular los halos<sup>5</sup> lunar y solar e incluso

---

<sup>3</sup> Extemporáneo; Impropio del tiempo en que se hace o sucede.

<sup>4</sup> Epopeya del Gilgamesh: Importante obra literaria sumeria escrita alrededor del año 2000 a.C.

<sup>5</sup> Halo: Circulo luminoso ligeramente irisado que rodea algunas veces al Sol o a la Luna, a consecuencia de la difracción de la luz en los cristales de hielo de las nubes.



distinguían dos tipos diferentes, el pequeño de 22 grados (tarbasu) y el mayor de 46 grados (supuru).

Hace más de 3000 años los chinos, asentados a lo largo de las fértiles márgenes del río Amarillo, eran capaces de vaticinar la llegada de las estaciones mediante las estrellas. Hacia el siglo III a. de C. habían establecido un calendario agrícola o ciclo meteorológico basado en los acontecimientos fenológicos y meteorológicos, dividiendo el año en 24 festividades.

En general los pueblos antiguos consideraban los fenómenos naturales como manifestaciones del poder divino. Los sacerdotes rezaban ritos para obtener la benevolencia de los dioses y en épocas de malas cosechas y hambre, se les ofrecían sacrificios para aplacar su cólera. Entre las entidades divinas que se creían controlaban el mundo físico se encontraban: los dioses védicos de los indios, el Morduk de los babilonios, Osiris de los egipcios, el Yavé de los hebreos y muchas de las deidades del Olimpo, como Zeus y Poseidón. Cualquier intento de explicar los fenómenos atmosféricos por causas naturales estaba condenado y provocaba enfrentamientos entre la religión y la ciencia, que continuaron durante muchos siglos.

En el momento del surgimiento de la antigua civilización griega, el conocimiento del tiempo era una curiosa mezcla de mitología y astrología junto con una considerable dosis de conocimiento empírico basado en observaciones correctas de los fenómenos naturales. Sus primeros poemas, como La Odisea y La Iliada, que datan del siglo IX a. de C. todavía evidenciaban residuos de la actitud primitiva (Zeus estaría a cargo del aire y Poseidón del mar), pero gradualmente se empezó a abordar el tema de forma más racional, primando la observación práctica.

En tiempos de Aristóteles, cuya vida transcurrió entre 348 y 322 a. de C. ya había arraigado con fuerza una aproximación científica a la meteorología. En su tratado Meteorológica se discutían objetivamente la mayoría de los elementos meteorológicos. Sin embargo, en aquel entonces igual que hoy, la gente estaba más interesada en conocer el tiempo que iba a hacer, que en entender el cómo y el por qué. El interés por la meteorología continuó con los romanos, quienes se encargaron de compilar enciclopedias de ciencias naturales. Entre ellas, las más conocidas son la Historia Naturalis, de Plinio (recopilación de unos dos mil trabajos de autores griegos y romanos) y el Tetrabiblos, de Tolomeo (provisto de un resumen de los signos meteorológicos que se convirtió en la autoridad básica para la predicción del tiempo en la Edad Media).

La decadencia y caída del Imperio Romano después del año 400 no ofrecía un clima propicio para el conocimiento. Aunque el estudio de la meteorología en Europa nunca cesó del todo, durante los primeros siglos de la era cristiana no apareció ninguna idea nueva. Hasta después de la muerte de Mahoma (632 d. de

C.), el conocimiento grecorromano, persa e indio se recopiló, fusionó y enriqueció gracias al trabajo de filósofos y científicos musulmanes, los cuales hicieron del Islam el centro de la civilización entre los siglos VIII y IX. El enfoque que los árabes le dieron a la meteorología, basado en observaciones astronómicas, fomentó la creencia tradicional de que el tiempo podía predecirse mediante el estudio del movimiento de los cuerpos celestes. Al margen de algunas ideas disidentes propuestas por individuos como Roger Bacon<sup>6</sup>, que defendía el enfoque experimental de la ciencia basado en observaciones reales del fenómeno natural, prevalecía la teoría aristotélica. Los eruditos medievales la consideraban verdad indiscutible, completa e infalible: llegó a incorporarse en la doctrina de la Iglesia romana.

Esto originó un absoluto bloqueo a todo progreso posterior en meteorología. Los libros que pretendían predecir el destino del hombre, del tiempo y otros asuntos mediante el movimiento de las estrellas y los planetas fueron recibidos con gran entusiasmo, considerándolos prometedores. Una de las primeras profecías fue "La carta de Toledo" de 1185. Un astrónomo llamado Johannes de Toledo predijo en septiembre del siguiente año que todos los planetas estarían en conjunción, lo que además de originar un viento traicionero que destruiría casi todos los edificios, traería también hambre y muchos desastres. Sus coetáneos<sup>7</sup> estaban tan asustados que tomaron todo tipo de precauciones e incluso construyeron habitáculos subterráneos para protegerse. La predicción resultó ser completamente falsa, sin embargo los dos siglos siguientes se publicaron e hicieron otras "cartas toledanas" con presagios y calamidades similares.

En la Edad Media existía un gran interés por la astrometeorología<sup>8</sup>. Johannes Kepler, Tycho Brahe y otras figuras de la historia de la astronomía publicaron predicciones meteorológicas. Sin embargo no todos los eruditos medievales estaban convencidos de la validez de los pronósticos del tiempo basados en la astronomía. Nicole Oresme tenía poco respeto por sus contemporáneos astrometeorólogos y creía que el pronóstico del tiempo llegaría a ser posible sólo cuando se hubieran descubierto sus reglas exactas (aún hoy no existen tales reglas exactas).

---

<sup>6</sup> Bacon, Roger (1214 – 1294): Religioso franciscano inglés llamado el Doctor maravilloso. Gran erudito, poseía conocimientos profundos de casi todas las lenguas. Considerando a las matemáticas como valioso instrumento para penetrar el secreto de otras ciencias, se dedicó a su estudio y fue el primero en proponer la reforma del calendario Juliano y en demostrar la deficiencia del sistema astronómico de Tolomeo, entre otras cosas.

<sup>7</sup> Coetáneo: Dícese de las personas o cosas que viven o coinciden en una misma edad o en un mismo tiempo.

<sup>8</sup> Astrometeorología: Es el estudio de los aspectos planetarios y como estos ejercen su influencia en aspectos meteorológicos.

Durante el periodo comprendido entre los siglos XIII y XVII puede comprobarse una modificación gradual de las anotaciones que hacían estos astrometeorólogos, haciéndose menos frecuentes las observaciones astronómicas y más continuas y metódicas las observaciones meteorológicas. El principal corpus de meteorología medieval lo constituye la obra del meteorólogo inglés, William Merle, quien tiene en su haber la distinción de ser el autor del primer registro meteorológico sistemático conocido (desde enero de 1337 a enero de 1344). Escribió además un amplio tratado sobre la predicción del tiempo utilizando una serie de fuentes, yendo desde Aristóteles, Virgilio, Plinio y Tolomeo hasta la antigua ciencia popular inglesa sobre el tiempo.

Después del auge de la industria de la imprenta durante la primera mitad del siglo XV se pusieron de moda panfletos conocidos como "pronostica", la mayoría de ellos escritos en latín y provistos de una predicción del tiempo para el año preparada según las reglas de la astronomía. En el siglo XVI alrededor de 600 pronosticadores diferentes dieron a conocer 3000 publicaciones. Una emisión de este tipo, fue el pronóstico hecho por Justus Stöjjer en 1499 para el mes de febrero de 1524. Aseguraba lluvias anormalmente copiosas para ese mes. Tales vaticinios causaron consternación general. Muchas personas buscaron refugio en lo alto de las colinas y como era de esperarse llegado el día del acontecimiento fatal nada ocurrió. También aparecieron trabajos de carácter más general que contenían reglas para predecir el tiempo, supuestamente aplicables a cualquier momento. El más famoso compendio fue Die Bauern-Praktik publicado en Alemania en 1508 y posteriormente traducido a los principales idiomas de Europa, denominándose la versión inglesa The Husbandman's practice (El trabajo del agricultor).

En los siglos XVIII y XIX se hicieron muy populares los almanaques de bolsillo encuadernados en rústica. El método adoptado para escribir estos pronósticos era el de evitar las afirmaciones tajantes en especial en lo que se refiere al momento y el lugar de los fenómenos, dejando hacer el resto al comportamiento siempre variable del tiempo atmosférico de las latitudes templadas. En América, Benjamín Franklin escribía y publicaba El almanaque del pobre Richard, donde vaticinó el tiempo durante 25 años desde 1732. Vendió 10.000 copias anuales. En alguna ocasión un profeta del tiempo que se haya aventurado a hacer una predicción en un almanaque haya dado casualmente en el blanco. El ejemplo clásico es el pronóstico de Patrick Murphy para el 20 de enero de 1838. En su Almanaque del tiempo para ese año, publicado en Londres, anotó "los grados más bajos de la temperatura invernal". Asombrosamente ese día no sólo fue el día más frío del año, sino que se lo calificó como el día más frío del siglo en Londres. En Doncaster el río Don se congeló.

Desde tiempos remotos se ha creído que la Luna ejercía un control sobre el comportamiento de la atmósfera. En Francia Jean Baptiste Lamarck publicó su Anuario Meteorológico desde 1800 a 1811 basándose en datos lunares; en Alemania Rudolf Falb fue conocido como el profeta lunar. Sus datos se incluían en el Daily Mail y eran recibidos con vehemencia por el público, aunque duramente criticados por los meteorólogos oficiales contemporáneos.

Hacia finales del siglo XIX los profetas astronómicos se aventuraron en especulaciones todavía más insólitas. Se decía que la atmósfera estaba a merced de fuerzas ejercidas por ciertos cuerpos celestes tales como una luna invisible que giraría alrededor de la Tierra, o una serie de anillos semejantes a los de Saturno o hasta un escurridizo planeta llamado Vulcano, dentro de la órbita de Mercurio.

### **1.1.2. Nacimiento de la meteorología científica**

La revolución científica, uno de cuyos precursores fue Leonardo Da Vinci, liberó a la ciencia de sus represiones medievales. Se inauguró en 1543 con la publicación de la teoría heliocéntrica del sistema solar de Nicolás Copérnico. Poco a poco comenzó a cuestionarse el concepto de la predicción del tiempo basada en el movimiento de los cuerpos celestes y se fue aceptando que el ciclo anual de las estaciones era controlado por el movimiento de la tierra alrededor del sol. Las observaciones meteorológicas instrumentales comenzaron en el siglo XVII cuando, en el año 1600, Galileo Galilei inventó el termómetro y su discípulo Evangelista Torricelli, hizo lo propio con el barómetro en 1643. Los nuevos instrumentos meteorológicos, que parecían un excelente medio para predecir el tiempo según los postulados del método científico defendidos en los años 1620 y 1630 por una nueva clase de filósofos (como Francis Bacon y René Descartes), despertaron extraordinario interés.

La gente se daba cuenta de que el valor de las observaciones meteorológicas se incrementaría bastante si fuese posible comparar resultados simultáneos realizados en distintas partes del mundo. Las primeras observaciones en equipo de las que hay registro se llevaron a cabo en París y Clermont, en Francia, así como en Estocolmo, en Suecia entre 1649 y 1651. El primer intento de establecer una red internacional de estaciones de observación meteorológica tuvo lugar en 1653 bajo el patrocinio del gran duque Fernando II de Toscana, fundador de la Academia del Cimento cuatro años después. Se construyeron instrumentos normalizados y se enviaron a observadores de Florencia, Pisa, Bolonia, Vallombrosa, Curtigliano, Milán y Parma; posteriormente llegarían a localidades tan alejadas de Italia, París, Varsovia e Insbruck. Se estableció un procedimiento

uniforme para realizar las observaciones incluyendo la presión, la temperatura, la humedad, la dirección del viento y el estado del cielo. Los registros se enviaban a la Academia para ser comparados. Esta actividad cesó con el cierre de la Academia en 1667, pero sirvió de guía a los esfuerzos posteriores llevados a cabo en los siglos XVIII y XIX.

Antes de la introducción del mapa del tiempo, el barómetro era el instrumento decisivo en el pronóstico del tiempo. El primer pronóstico del que hay documentos basados en el comportamiento del barómetro lo realizó Otto Von Guericke, de Magdeburg (Prusia), en 1660, quien predijo una gran tormenta a causa de una caída de presión rápida e intensa en su barómetro dos horas antes del fenómeno. En 1723, James Jurin, secretario de la Royal Society de Londres, hizo pública una invitación para que se le enviaran anualmente a la Sociedad las observaciones meteorológicas. Acompañaban a esta solicitud instrucciones sobre el modo de realizar y registrar esas observaciones. Durante un tiempo la acogida fue gratificante; se recibieron respuestas desde Inglaterra y el continente, así como procedentes de Norteamérica y de la India. Estudiando estos registros, los científicos ingleses William Derham y Georges Hadley cayeron en la cuenta de que los cambios de presión no tenían lugar siempre en diferentes lugares a la vez. Posteriormente, el físico J. de Borda constató que los cambios de presión se propagaban con una dirección y velocidad íntimamente relacionadas a la velocidad del viento. Se daban así los primeros pasos hacia el reconocimiento del concepto de sistemas móviles de presión. A principios de 1730 una expedición dirigida por Vitus Bering estableció una red de estaciones en Siberia y, en 1759, Mikhail Lomonosov propuso establecer otra red en Rusia.

El 21 de octubre de 1743 Benjamín Franklin quedó perplejo. Una tormenta afectó a Filadelfia y ocultó un eclipse lunar pronosticado para las nueve de la noche. Su hermano le había comentado que en la costa este de América, en Boston, 640 Km al nordeste, el eclipse se había visto bien y que la borrasca no había empezado sino hacia casi las 11 de la noche. Después de recoger el material de la información dada en los periódicos acerca del acontecimiento, llegó a la conclusión de que la tormenta, la lluvia y los vientos asociados con dirección nordeste se habían desplazado desde Georgia a Nueva Inglaterra, realizando por lo tanto el primer estudio sinóptico meteorológico en América.

### **1.1.3. Metereología y Climatología en Argentina**

La significación original de la palabra clima, derivada del griego klima, era: declive ó inclinación; su aplicación a una región terrestre, indicaba el declive desde

el ecuador hacia el polo, como expresión del ángulo formado por los rayos solares con la superficie del lugar. Más tarde se la empleaba en el sentido de lo que en la actualidad corresponde a la zona, puesto que, en aquellos tiempos, un cambio de clima implicaba un cambio de latitud. Tolomeo, en el siglo II, designó por klima la serie de subdivisiones de la tierra entre el ecuador y el polo norte ó zonas limitadas por paralelos de latitud, cuyos círculos difieren uno del otro solamente por la duración del día solar.

El empleo actual de la expresión clima, lo aceptamos como resultados del conjunto de las distintas manifestaciones atmosféricas ó, sencillamente, como el término medio de las terminaciones meteorológicas efectuadas durante un periodo de suficiente duración para proporcionar valores fidedignos de cada uno de los elementos físicos de la atmósfera. Así, en este sentido, la climatología de una región se deduce de la meteorología de la misma, mediante las observaciones practicadas con aparatos que dan la medida exacta de cada factor y por la duración necesaria para fijar los límites de las variaciones correspondientes.

Por ejemplo: la carta del tiempo que demuestra el estado atmosférico que prevalece a una hora dada cotidiana, puede considerarse como la expresión meteorológica de los elementos que solamente dan indicaciones del clima de una región representada; pero a la misma hora del día siguiente, la intensidad de las manifestaciones de estos elementos queda enteramente alterada con referencia a los del día anterior, de manera que, confrontando los datos meteorológicos exhibidos en las dos cartas, pueden hallarse, frecuentemente, condiciones climatológicas bien distintas: Ahora, reuniendo y coordinando los valores de la temperatura, humedad, precipitación, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, presentados por una larga serie de las cartas, se obtienen los verdaderos medios con sus correspondientes extremos para cada uno de estos elementos, como las desviaciones diurna, mensual y anual, desde su término medio, asimismo el periodo probable del retorno ó frecuencia del mismo fenómeno.

Los valores así obtenidos con la relación mutua que existe entre ellos, nos dan los datos climatológicos del lugar. En otros términos la distinción entre la meteorología y la climatología, puede expresarse en la forma que, aquella es el estudio de los elementos físicos de la atmósfera y la ciencia en que se basan las leyes de la circulación terrestre mientras que, ésta presenta los resultados positivos aplicables a fines prácticos, como la relación del clima con las cosechas, con las industrias y la salud; en fin, con todos los intereses humanos y las necesidades de los reinos de la flora y la fauna de nuestro planeta.

Considerándolo en el sentido más amplio, se reconoce que el clima depende de dos factores generales, uno, que es el más poderoso, el sol, y el otro, la

constitución geográfica de la tierra. Es evidente que, si el globo careciera de accidentes hipsométricos y toda su superficie fuera de la misma capacidad para la absorción y radiación de energía solar que constituye el primer factor, o sea el clima solar, la temperatura variaría según el grado de la latitud, o en otros términos, según la duración del día solar, puesto que siendo el mismo paralelo, el ángulo de incidencia de los rayos solares sería igual y, por consiguiente, la intensidad de ellos sin variación para lugares equidistantes del ecuador.

La clasificación puramente astronómica del globo en las cinco zonas generalmente conocidas por la tórrida, las dos templadas y las dos polares, corresponde, desde el punto de vista climatológico, a la división del clima solar, por recibir la mayor cantidad de insolación; las dos polares, denominándolas de invierno, en virtud del menor grado de insolación recibido, y las dos templadas, designándolas como primavera y otoño.

El otro gran agente, el geográfico o físico, que opera modificando el clima solar sobre el mismo paralelo de latitud; consiste en la distribución de la superficie del planeta en tierra y en agua, y en las diferencias de altura en la tierra, originando así, lo que se conoce por el clima físico. Este, a su vez, se divide en marítimo, litoral, mediterráneo y montañoso, según las características terrestres.

Dentro de los límites territoriales de la Argentina, se hallan las distinciones bien pronunciadas que corresponden a las grandes divisiones climatológicas ya designadas, con una variedad de subdivisiones, según la intensidad de los factores atmosféricos que caracterizan la clasificación general de los climas del globo. Con una extensión de latitud como la de esta República, que abarca desde dos grados al norte del trópico de Capricornio hasta las regiones del círculo Antártico, la amplitud de la variación de la insolación, o sea del clima solar, tiene que ser considerable.

La variación del clima físico o geográfico, siguiendo el mismo paralelo de latitud a través de la República, es tan pronunciada o más, que la del clima solar en el sentido de norte a sur, en su mayor extensión, puesto que en las alturas, siempre ascendientes desde el este al oeste, o sea desde el nivel del mar o las tierras bajas del Litoral hasta los altos picos de los Andes, la temperatura disminuye rápidamente a medida que uno se aproxima a las planicies del interior y sube los contrafuertes de las cordilleras. En cuanto a la presión atmosférica, las variaciones son valores medios que rigen en las distintas regiones, se presentan proporcionalmente de mayor amplitud que las de temperaturas.

Los elementos atmosférico que directamente determinan las zonas climatológicas, son la temperatura, la precipitación y los vientos; pero las variaciones en la intensidad de los elementos, que dan los rasgos característicos de los variados climas, dependen en alto grado de la circulación de la presión de la atmósfera y

ésta, a su vez, responde a las influencias ejercidas por la distribución de las áreas de tierra y agua. Así, antes de entrar en la ilustración de las distintas zonas climatológicas de la Republica, consideremos en términos breves del movimiento general de la atmósfera en la parte austral de este continente y su relación con la temperatura, grado de saturación del aire y la lluvia.

Figura: Zonas bioclimáticas de la Provincia de Buenos Aires según la norma IRAM 11.603

En cuanto al movimiento atmosférico, se puede dividir la Republica en dos, sistemas generales. En la parte al norte en la gobernación del Río Negro, donde el continente principia a ensancharse en el sentido de este a oeste, se halla el movimiento continental ó ciclónico, mientras que al sur del Río Negro, la circulación corresponde al movimiento Antártico ó sea anticiclónico. Estas dos divisiones podemos designar respectivamente como: Continental y Antártica.

La región de la corriente continental se encuentra entre las dos áreas normales de presión alta, una en el Atlántico y otra en el Pacífico, con aquellas más retiradas el continente que este; de manera que, la mayor depresión entre estas dos altas, para el año, queda en el interior del continente, y en el verano la línea divisora está representada por una faja angosta de presión baja que corre de norte a sur al pie de las cordilleras. En esta división de la circulación continental, se forman y desarrollan las áreas de presión alta y baja, con sus influencias correspondientes sobre el clima de esta región. En la división Antártica, el sur del grado 4° de latitud sur, el movimiento general del aire es mucho más constante, con las isobaras paralelas con la dirección de este a oeste y el viento dominante del oeste, siendo rara la vez que se forman áreas ciclónicas sobre la lonja comparativamente limitada de tierra en esta región.



## 2. Diseño experimental

### 2.1. El clima y el tiempo

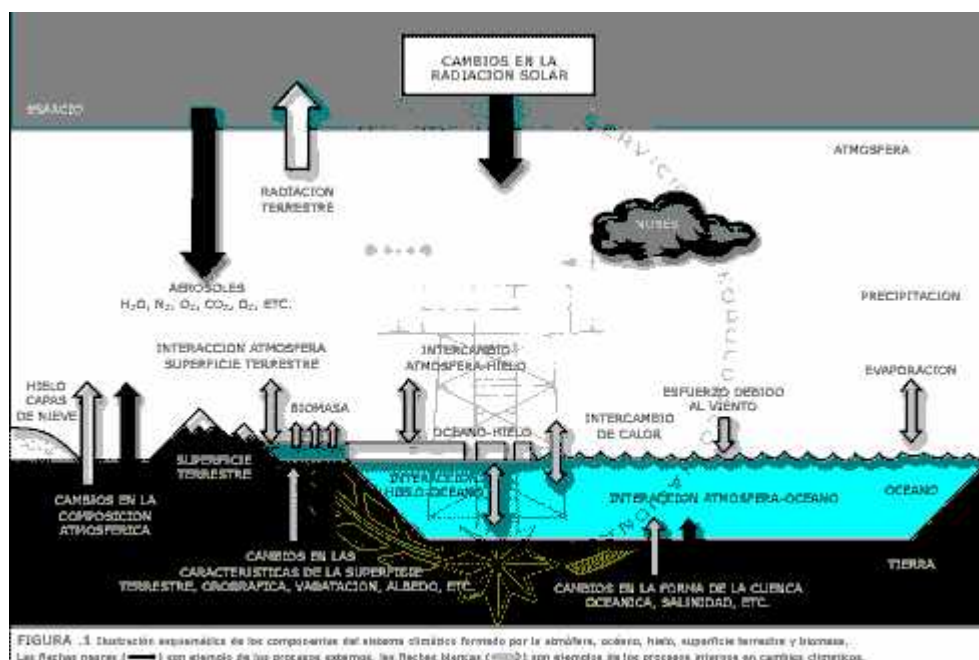
Es común, al oír hablar sobre el tiempo y el clima, observar que existe una confusión generalizada respecto a estos dos conceptos meteorológicos. Puesto que se tratará sobre el clima y sus variaciones, he creído conveniente comenzar con las definiciones de ambos conceptos para evitar así, una mala interpretación de lo que se explicará seguidamente.

- **Tiempo:** es el instantáneo de la atmósfera en un momento dado. Su evolución está ligada a la generación, desarrollo y desaparición de las distintas perturbaciones atmosféricas que lo determinan.

- **Clima:** es la síntesis de las condiciones meteorológicas correspondientes a un área dada, elaborada en base a un período suficientemente largo como para establecer sus propiedades estadísticas de conjunto (valores medios, varianzas, probabilidades de fenómenos extremos, etc.). Luego, el clima resulta bastante independiente de cualquiera de los estados atmosféricos instantáneos que lo constituyen.

### 2.2. El sistema climático en la tierra

Es probable que el aspecto del clima que resulta más interesante para aquellos que no son especialistas en la materia sean las diversas especulaciones acerca de su posible evolución. Lamentablemente, aunque ésta es una de las partes más interesantes de la investigación meteorológica, es también la más incierta. ¿Por qué esto es así? Debido a la alta complejidad del sistema climático de nuestro planeta.



Como lo muestra la figura anterior, ésta se encuentra formado por:

1°) La atmósfera, la cual constituye la parte central del sistema. Comprende la envoltura gaseosa que rodea la Tierra y sus aerosoles, y es la componente más variable del sistema. Los procesos que tienen lugar en la atmósfera baja (troposfera) tienen un tiempo cronológico de evolución característico del orden de una semana, en tanto que los procesos que tienen lugar en la atmósfera media (estratosfera) y en las capas superiores de la atmósfera poseen una escala temporal muy diferente.

2°) Los océanos, los cuales involucran el agua salada de todos los océanos del mundo y mares adyacentes. Ellos participan activamente en el balance global de energía (transporte de calor desde las regiones ecuatoriales a las polares a través de las corrientes marinas) y en el balance químico del sistema climático (intercambio de anhídrido carbónico con la atmósfera). En las capas superiores, la interacción de los océanos con la atmósfera a los hielos se produce en escalas temporales de meses o años, mientras que las capas oceánicas más profundas tienen un período de ajuste térmico del orden de varios siglos.

3°) La criósfera, la cual comprende las masas de hielo del mundo sobre y debajo de la superficie y los depósitos de nieve. Los cambios en las capas de nieve y en la extensión de los hielos marinos experimentan grandes variaciones estacionales, mientras que los glaciares y las capas de hielo reaccionan mucho más lentamente.

4°) Los continentes, los cuales involucran no solo las masas continentales (incluyendo montañas, planicies, rocas superficiales, sedimentos y el suelo) sino también lagos, ríos y aguas subterráneas. Estos últimos son componentes importantes del ciclo hidrológico. Todos ellos son parte variables del sistema climático en todas las escalas temporales. La superficie de la tierra es una fuente importante de partículas transportadas por la acción del viento, de posible importancia para el clima. A su vez, los suelos se transforman por efecto del clima, de la vegetación y del hombre

5°) La biosfera, la cual comprende la vida vegetal y animal, incluida la vida humana. La biosfera juega un papel importante en el balance del anhídrido carbónico de la atmósfera y de los océanos, en el balance químico de otros gases atmosféricos y en la producción de los aerosoles.



Biosfera: Es el delgado manto de vida que cubre la Tierra

Entonces, además de la complejidad propia del sistema climático terrestre en el que cada componente interactúa con los restantes, deben tenerse en cuenta también las condiciones del contorno o forzantes que condicionan, tales como las variaciones de:

- a) La radiación solar (por procesos en el Sol y cambios en las geometrías orbitales de la Tierra y del Sol).
- b) La composición atmosférica (por vulcanismo).
- c) La naturaleza de la superficie terrestre (por procesos geológicos diversos) y las influencias antropogénicas debidas a las actividades del hombre.

Todos los procesos climatológicamente significativos que se producen en la atmósfera, los océanos, la criósfera, los continentes y la biosfera, así como también las interacciones entre estos componentes, conjuntamente con las influencias de las condiciones de contorno, hacen al balance energético y al funcionamiento del sistema. De ahí que todos ellos forman parte de la temática de la investigación climatológica moderna, la cual pretende culminar en la modelación del funcionamiento del sistema a los fines de su diagnosis y predicción.

### **2.3. La variabilidad del sistema climático**

A la luz de lo expuesto es evidente que, si se producen cambios apreciables en las condiciones de contorno de nuestro sistema climático, ello podría alterarlo trayendo como consecuencia cambios o variaciones en el clima. Sin embargo, aún

en el caso de que estas condiciones permanecieran constantes con el clima de nuestra Tierra experimentaríamos perpetuas variaciones de año en año, de siglo en siglo y quizás, de un milenio a otro, puesto que su estado en un momento dado depende fundamentalmente de las interacciones dinámicas y termodinámicas entre los diferentes componentes del sistema.

Alguna de estas interacciones se producen rápidamente y otras con gran lentitud, lo que hace que el sistema climático se mantenga siempre un tanto desequilibrado. Esta variabilidad se llama variabilidad interna del sistema climático pero además, puesto que las condiciones forzantes no permanecen constantes, es evidente que deben producirse variaciones adicionales en dicho sistema. Esta variabilidad se llama variabilidad forzada. He aquí las variaciones observadas:

- a) Periódicas diarias (debido a la rotación diaria de la Tierra) y periódicas anuales (por causa del movimiento anual de nuestro planeta alrededor del Sol).
- b) Aperiódicas, de una estación, año, década, siglo, etc. a otros.
- c) Cuasi periódicas, como por ejemplo el ciclo solar de 11 años y el movimiento de precesión del eje de rotación de la Tierra, de 21.000 años.

Si se tienen en cuenta que estas variaciones nunca terminan, podemos afirmar que la variabilidad es la propiedad fundamental del sistema climático, el que no se encuentra en un equilibrio estático sino dinámico, o sea, en permanente búsqueda de su equilibrio. Por lo tanto, las fluctuaciones o variaciones que experimenta el clima con respecto a las condiciones estadísticamente esperadas (llamadas condiciones normales) constituyen una característica normal del sistema climático terrestre.

## **2.4. La variación del clima a través de los años**

Los climas del pasado, reconstruidos a partir de los registros de las observaciones y de algunos indicadores históricos, nos dan una noción importante del funcionamiento del sistema climático, por lo menos en términos de sus características más visibles. Las observaciones modernas se inician, aproximadamente, en el siglo pasado. Antes de ello, los científicos han tenido que recurrir al examen de los registros "indirectos", es decir registros de acontecimientos y de fenómenos que, aunque no constituyen específicamente registros climatológicos, están lo suficientemente relacionados con los elementos del clima como para sacar conclusiones útiles de los mismos.

Gracias a este examen, los científicos han reconstruido los cambios y fluctuaciones climáticos durante el período cuaternario y, más precisamente, el

Holoceno<sup>9</sup> que es el período que reviste una importancia inmediata para la humanidad. Entre las fuentes más importantes de pruebas indirectas se puede citar: depósitos y barbas glaciales (capas de sedimentos de los lechos de antiguos lagos); restos de antiguas playas yacentes por encima de los actuales niveles de la costa; la química; los organismos fósiles; las mediciones de isótopos estables (como el Oxígeno 16<sup>10</sup>) en los hielos glaciales y en los anillos de los árboles; los conjuntos de polen fósil en sedimentos lacustres y pantanosos; la distribución de las plantas y de los animales; actualmente y en el pasado; y los anillos concéntricos anuales de crecimiento de los árboles.

Las investigaciones realizadas por los científicos muestran que, durante los últimos 2.000.000 de años, el mundo ha atravesado toda una serie de épocas glaciales con períodos interglaciares intermedios más cálidos. La mayoría de estos científicos estiman que durante los últimos 450.000 años se han producido 5 períodos interglaciares. El último, es decir el período durante el que se ha desarrollado la civilización moderna y en el que actualmente vivimos, ya data de hace 10.000 años.

### **3. Muestreo**

Los datos tomados como variables climáticas son la presión atmosférica y la temperatura de la Provincia de Buenos Aires. Las variaciones medias tomadas anualmente y durante la primera década del siglo XX encuentra variaciones con respecto a la última década del mismo siglo.

Tabla 1<sup>11</sup>: Valores medios anuales de Temperatura y Presión Atmosférica. Período 1900 – 1910.

---

<sup>9</sup> Holoceno: Período más reciente del cuaternario, es decir los últimos 10.000 años. Esta época geológica se inicia cuando termina la Edad de Piedra y el hombre se hace sedentario; el Holoceno es, por lo tanto, el marco del desarrollo de la civilización.

<sup>10</sup> Oxígeno 16: Se refiere al peso de la molécula, cuyo valor es 16 gramos.

<sup>11</sup> Tabla 1: Base de datos del Servicio Meteorológico Nacional.

| <b>Año</b>  | <b>Temperatura</b> | <b>Presión atmosférica</b> |
|-------------|--------------------|----------------------------|
| <b>1900</b> | 23.1               | 757.5                      |
| <b>1901</b> | 22.8               | 758.2                      |
| <b>1902</b> | 20.9               | 759.2                      |
| <b>1903</b> | 16.6               | 761                        |
| <b>1904</b> | 13.3               | 761.3                      |
| <b>1905</b> | 10.6               | 762.3                      |
| <b>1906</b> | 10.1               | 762.4                      |
| <b>1907</b> | 11.3               | 762.4                      |
| <b>1908</b> | 13.4               | 762.5                      |
| <b>1909</b> | 16.1               | 760.7                      |
| <b>1910</b> | 19.6               | 758.9                      |
|             |                    |                            |
| <b>TMA</b>  | <b>16.2</b>        |                            |
| <b>PMA</b>  |                    | <b>760.5818182</b>         |

Gráfico 1<sup>12</sup>: Valores medios anuales de Temperatura y Presión Atmosférica.  
Período 1900 – 1910.

<sup>12</sup> Gráfico 1: Realizado en el programa Excel a partir de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional.

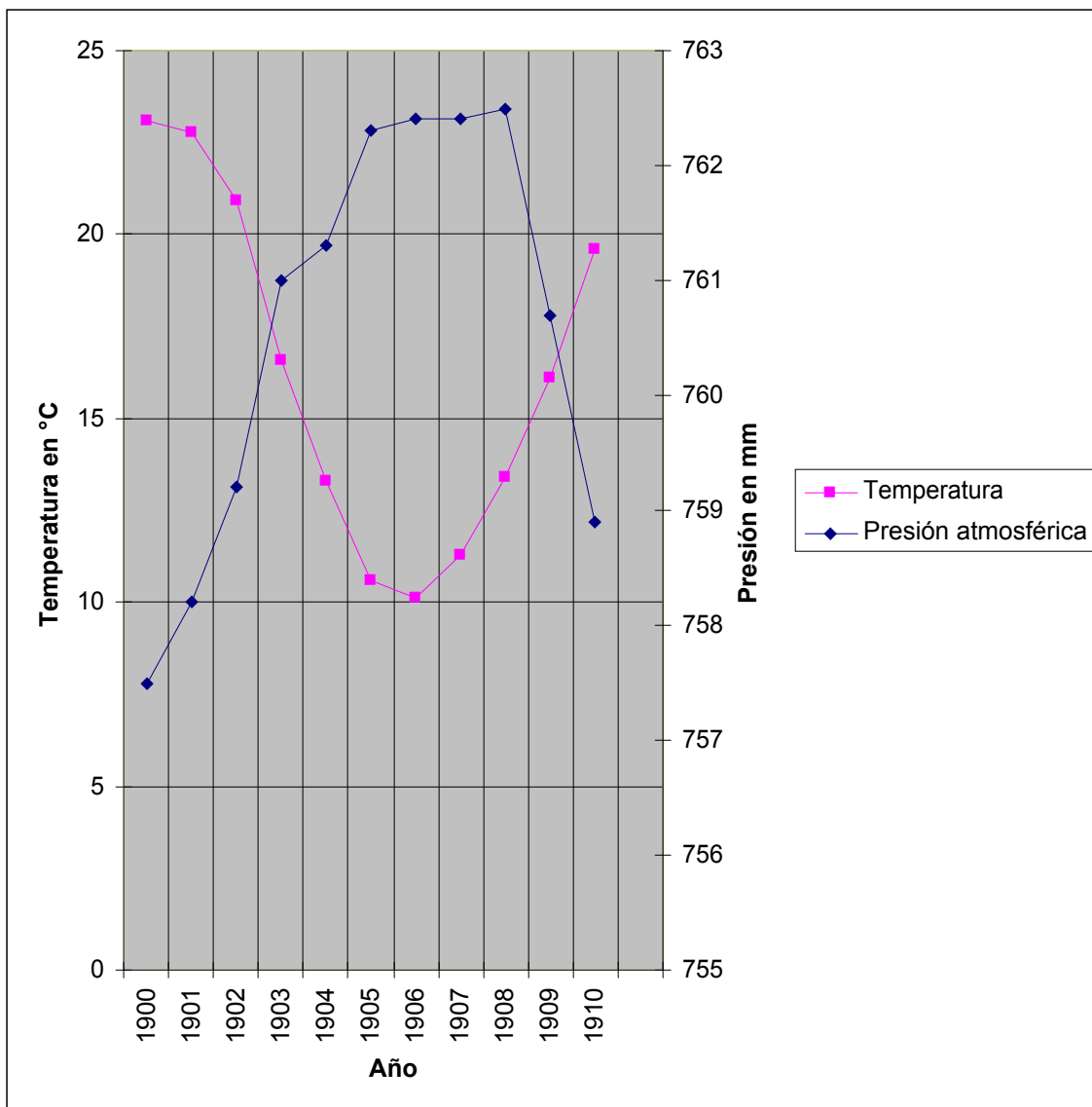


Tabla 2<sup>13</sup>: Valores medios anuales de Temperatura y Presión Atmosférica.  
Período 1990 – 2000.

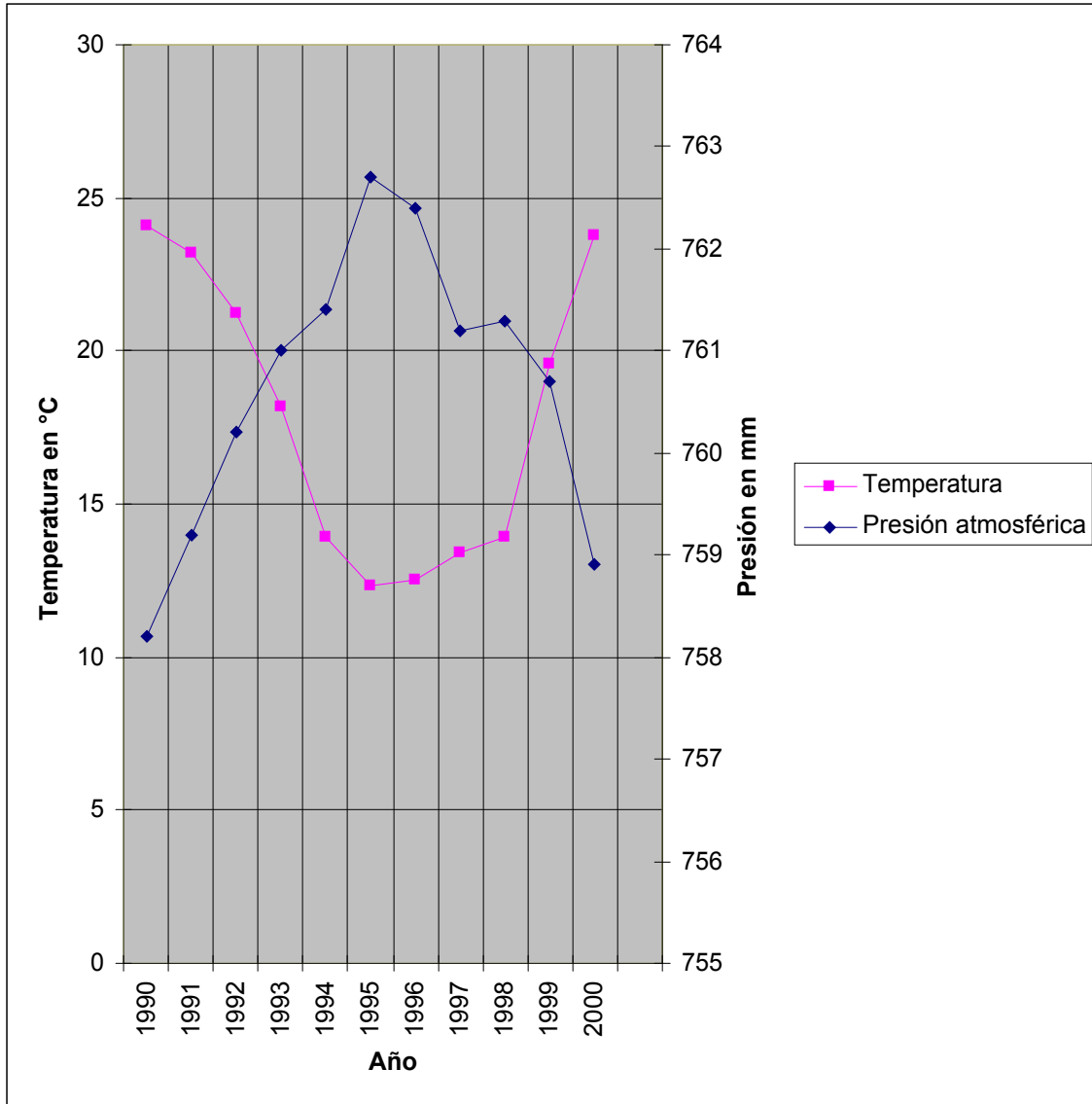
| <b>Año</b>  | <b>Temperatura</b> | <b>Presión atmosférica</b> |
|-------------|--------------------|----------------------------|
| <b>1990</b> | 24.1               | 758.2                      |
| <b>1991</b> | 23.2               | 759.2                      |
| <b>1992</b> | 21.2               | 760.2                      |
| <b>1993</b> | 18.2               | 761                        |
| <b>1994</b> | 13.9               | 761.4                      |
| <b>1995</b> | 12.3               | 762.7                      |
| <b>1996</b> | 12.5               | 762.4                      |
| <b>1997</b> | 13.4               | 761.2                      |
| <b>1998</b> | 13.9               | 761.3                      |
| <b>1999</b> | 19.6               | 760.7                      |
| <b>2000</b> | 23.8               | 758.9                      |
|             |                    |                            |
| <b>TMA</b>  | <b>17.8</b>        |                            |
| <b>PMA</b>  |                    | <b>760.6545455</b>         |

Gráfico 2<sup>14</sup>: Valores medios anuales de Temperatura y Presión Atmosférica.  
Período 1990 – 2000.

<sup>13</sup> Tabla 2: Base de datos del Servicio Meteorológico Nacional.

<sup>14</sup> Gráfico 2: Realizado en el programa Excel a partir de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional.





En cuanto a la población, los valores censales de la Provincia de Bs. As., según el INDEC<sup>15</sup>, de acuerdo a los dos períodos investigados presentan las siguientes variaciones:

Tabla 3<sup>16</sup>: Valores censales de la Provincia de Buenos Aires. Período 1900 – 1910.

<sup>15</sup> INDEC: Instituto Nacional De Estadística y Censo.

<sup>16</sup> Tabla 3: Base de datos del INDEC.

| <b>Año</b>         | <b>Población</b> |
|--------------------|------------------|
| <b>1900</b>        | 921168           |
| <b>1910</b>        | 2066948          |
| <b>Crecimiento</b> | 1145780          |

Gráfico 3<sup>17</sup>: Valores censales de la Provincia de Buenos Aires. Período 1900 – 1910.

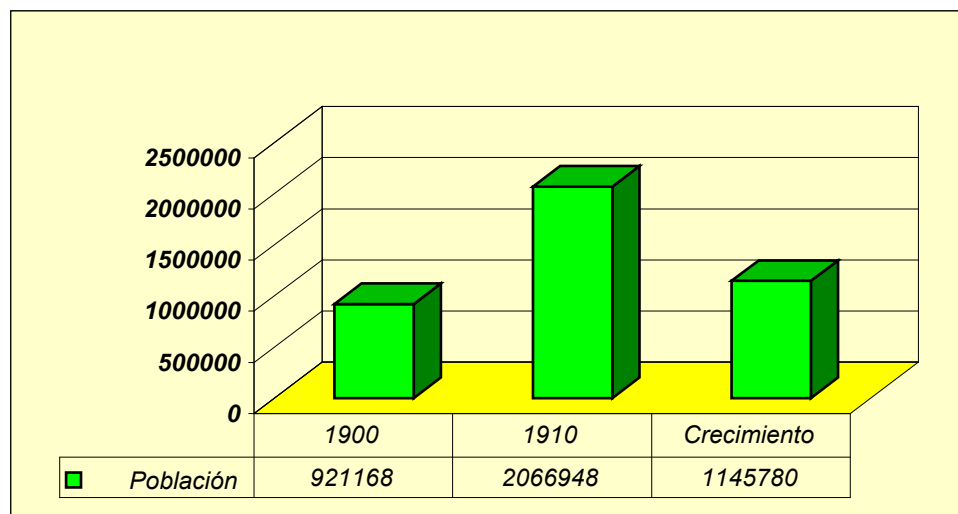


Tabla 4<sup>18</sup>: Valores censales de la Provincia de Buenos Aires. Período 1990 – 2000.

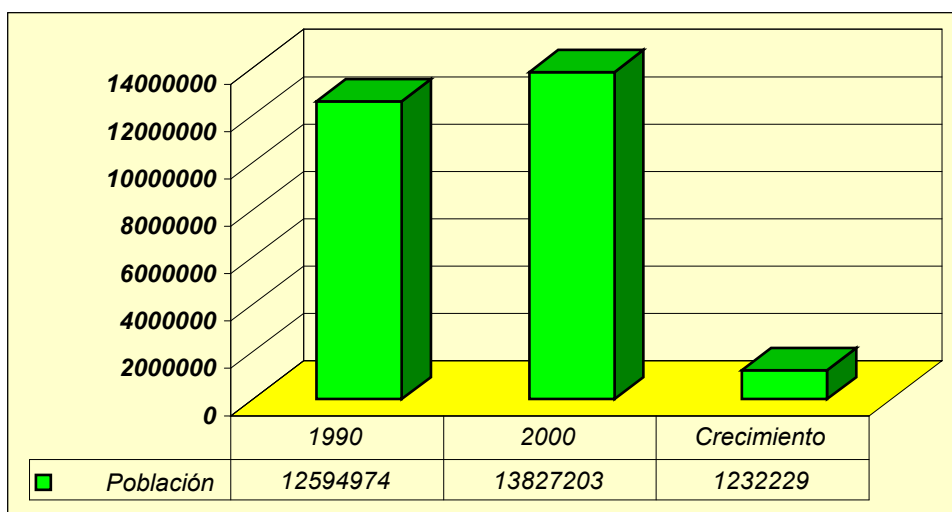
| <b>Año</b>         | <b>Población</b> |
|--------------------|------------------|
| <b>1990</b>        | 12594974         |
| <b>2000</b>        | 13827203         |
| <b>Crecimiento</b> | 1232229          |

Gráfico 4<sup>19</sup>: Valores censales de la Provincia de Buenos Aires. Período 1990 – 2000.

<sup>17</sup> Gráfico 3: Realizado en el programa Excel a partir de la base de datos del INDEC.

<sup>18</sup> Tabla 3: Base de datos del INDEC.

<sup>19</sup> Gráfico 3: Realizado en el programa Excel a partir de la base de datos del INDEC.



### **3.1. Crecimiento de la población**

Los resultados definitivos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001, muestran que la población censada en la Provincia de Buenos Aires asciende a 13.827.203 habitantes, un crecimiento en valores absolutos de 1.232.229 personas, lo que representa un incremento del 9,8 % respecto a la medición anterior efectuada en el año 1991.

En este sentido se puede observar que la población de la Provincia de Buenos Aires continúa creciendo, pero a un ritmo cada vez más lento, tendencia que se registra desde períodos censales anteriores: 24,0 % en 1970-1980, 15,0 % en 1980-1991, 9,8% en 1991-2001. La tasa anual media de crecimiento, que expresa el ritmo de crecimiento de una población, es decir cuánto aumenta o disminuye en promedio anualmente por cada mil habitantes, durante un período determinado, es útil para analizar este fenómeno.

Cabe destacar que la Provincia de Buenos Aires constituyó desde mediados de la década de 1940 a 1960 un polo de atracción para las corrientes migratorias de los países limítrofes y las corrientes internas provenientes de otras provincias argentinas. En esta etapa de auge de las migraciones internas, el Gran Buenos Aires recibió el mayor aporte migratorio debido a la gran demanda de mano de obra que significaba la industrialización y el rápido proceso de urbanización en la región. Este proceso contribuyó a que la Provincia creciera a un ritmo significativamente mayor respecto del registrado para el total del país.

Sin embargo, a partir de la década de 1970 el ritmo de crecimiento ha disminuido en forma sostenida, alcanzando el promedio nacional en el período censal 1980-1991 y cayendo por debajo de éste en la última medición

correspondiente al período 1991-2001. Si bien las causas de este comportamiento en el último decenio pueden atribuirse a la merma en los aportes migratorios y a una tendencia a la baja en la tasa de fecundidad aún no se han obtenido datos definitivos que permitan confirmar ninguna hipótesis al respecto.

### **3.2. Participación de la Provincia en el país**

El peso relativo de la Provincia de Buenos Aires en el total del país, registra niveles cercanos al 40% desde la década del '70 hasta la actualidad. El crecimiento dispar de la Provincia de Buenos Aires en comparación al del país es lo que causó que la misma adquiriera las dimensiones poblacionales actuales. Si se analiza el período comprendido desde el año 1900 hasta el 2000, se advierte que la población del país se multiplicó por 20 mientras que la correspondiente a la Provincia lo hizo por 45.

Como se advierte, el país y la Provincia han tenido comportamientos diversos en la tasa anual media de crecimiento a lo largo del ciclo, pudiéndose diferenciar distintas etapas. En la primera desde el Primer Censo Nacional de 1869 hasta 1947, las tendencias de ambos son similares, aunque el valor de la tasa provincial de crecimiento medio anual es siempre superior. En la siguiente etapa (entre los años 1947 y 1960) la Provincia aumenta su población a expensas de las migraciones internas por lo cual su tasa sube, mientras que la tasa nacional baja.

La última etapa comienza en el período intercensal 1980-1991 cuando la tasa de crecimiento de la Provincia se equipara a la del país. En el último decenio la tasa de incremento poblacional de la República Argentina también mostró una tendencia a la baja pero más moderada que la provincial. Esto explica la leve pérdida de su peso relativo. La contribución de la Provincia al crecimiento del país en el último período también es menor como la caída que se manifiesta en el período 1960-1970.

Este aporte del 33,8 % al crecimiento de la población en el último período observado se sitúa por debajo del crecimiento natural lo que podría indicar una merma en el aporte migratorio como viene ocurriendo desde períodos anteriores o tal vez un cambio de dirección de estos flujos.

### **3.3. Dinámica interna de la población de la Provincia de Buenos Aires**

Como se anticipó en los párrafos anteriores, es útil establecer para el análisis de la dinámica interna de la población la distinción de dos áreas geográficas:

los 24 partidos del Conurbano por un lado y los 110 municipios restantes que se conocen como Resto de Provincia de Buenos Aires. Esta distinción obedece a que ambas áreas tienen características sociodemográficas propias y heterogéneas entre sí.

En la Provincia de Buenos Aires el valor de la densidad media, que expresa la cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado, es de 45,0 hab/km<sup>2</sup>. Si se hace referencia a las dos áreas geográficas mencionadas es notable el contraste que existe entre ambas, ya que la densidad media del área geográfica que contiene a los 24 Partidos del Conurbano es de 2.392,4 hab/km<sup>2</sup> llegando los 10.000 hab/km<sup>2</sup> en el municipio de Lanús. En el caso de Resto de Provincia la densidad es de 16,9 hab/km<sup>2</sup> encontrándose municipios con áreas rurales deshabitadas donde la densidad media no llega a 1 hab/km<sup>2</sup> como es el caso del partido de Carmen de Patagones.

Con referencia a los parámetros de crecimiento, también se observan pautas diferenciales. En el Censo 2001 se contabilizaron 8.684.437 personas en el área correspondiente a los 24 partidos del Conurbano, registrando un crecimiento de 9,2% respecto al relevamiento de 1990, mientras que los 110 partidos restantes la cantidad de habitantes alcanzó los 5.142.766, es decir un 10,8% de aumento con relación al mismo año. Si bien en ambos casos se advierte la desaceleración del crecimiento, es más notable en los 24 partidos del Conurbano. En efecto, la tasa anual media de crecimiento de estos últimos es menor que la de los otros 110 partidos, situación que no se presenta desde fines del siglo XIX. En base a estos resultados se podría inferir una tendencia a la redistribución de la población desde los partidos vecinos a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires hacia zonas con disponibilidad territorial para el desarrollo urbano, contiguas a los 24 Partidos del Conurbano.

#### **4. Metodología analítica**

Los elementos atmosféricos que directamente determinan las zonas climatológicas, son la temperatura, la precipitación y los vientos; pero las variaciones en la intensidad de los elementos, que dan los rasgos característicos de los variados

climas, dependen en alto grado de la circulación de la presión de la atmósfera y ésta, a su vez, responde a las influencias ejercidas por la distribución de las áreas de tierra y agua. Así, antes de entrar en la ilustración de esta zona climatológica de la República Argentina, consideremos en términos breves el movimiento general de la atmósfera y su relación con la temperatura y el grado de saturación del aire.

En cuanto al movimiento atmosférico, se puede dividir la República en dos, sistemas generales. En la parte al norte de Río Negro, donde el continente comienza a ensancharse en el sentido de este a oeste, se halla el movimiento continental o ciclónico, mientras que al sur del Río Negro, la circulación corresponde al movimiento Antártico o sea anticiclónico. A estas dos divisiones se las designa respectivamente como: Continental y Antártica.

La región de la corriente continental se encuentra entre las dos áreas normales de presión alta, una en el Atlántico y otra en el Pacífico, de manera que, la mayor depresión entre estas dos altas, para el año, queda en el interior del continente, y en el verano la línea divisora está representada por una faja angosta de presión baja que corre de norte a sur al pie de las cordilleras. En esta división de la circulación continental, se forman y desarrollan las áreas de presión alta y baja, con sus influencias correspondientes sobre el clima de esta zona. En la división Antártica, el movimiento general del aire es mucho más constante, con las isobaras<sup>20</sup> paralelas con la dirección de este a oeste y el viento dominante del oeste, siendo rara la vez que se forman áreas ciclónicas sobre la lonja comparativamente limitada de tierra en esta zona.

#### **4.1. Atmósfera**

Se denomina atmósfera a la envoltura gaseosa que rodea completamente al globo terráqueo y lo acompaña en todos sus movimientos a través del espacio. La parte principal de esta envoltura la constituye el aire, muestra mecánica de diferentes gases, de los cuales los principales son: el oxígeno, en la proporción de 21 partes en 100 de aire seco, y el nitrógeno, con 78 partes en 100. Entran también en su composición el argón con casi una parte de 100, y en proporciones más pequeñas aun anhídrido carbónico, el neón kriptón, hidrógeno, helium, etc.

Otro elemento cuya presencia se encuentra en el aire, de mayor importancia por la cantidad de fenómenos, es el vapor de agua que puede llegar a formar el 4% del volumen total.

---

<sup>20</sup> Isobara: Son líneas que unen los puntos que tienen una misma presión atmosférica.

Con el aire, el llamado “limo atmosférico” completa la información de la atmósfera y está constituido por la diversidad de partículas sólidas que se mantienen en suspensión dentro de la misma. Su origen es orgánico en el caso de los microorganismos y los esporos de las plantas, etc., e inorgánico para los humanos, polvos etc. Su proporción dentro de la masa de aire es, sin embargo, mínima, y el número y naturaleza de las partículas sólidas, varía sensiblemente según se trate de lugares densamente poblados, campos, bosques, puntos elevados, o situados en el mar, etc. La alta atmósfera está casi libre de este “limo atmosférico”.

## **4.2. Presión Atmosférica**

Se llama presión atmosférica a la fuerza que ejerce el aire en un lugar determinado. En física la presión esta definida como el cociente de la acción de una fuerza sobre la unidad de superficie sobre la cual actúa, cualquiera sea la posición de esta superficie:

$$P = F / S$$

Por lo tanto, la presión atmosférica es numéricamente igual al peso de una columna de aire que tiene como base la unidad de superficie y como altura la de la atmósfera. Esa presión es, además, igual a la tensión elástica o fuerza expansiva del aire en ese punto, y como ocurre con todos los gases, su acción se ejerce con igual intensidad en todas direcciones. La presión atmosférica es la resultante de la presión ejercida por el aire seco más presión del vapor de agua presente en su masa o, lo que es lo mismo, más la “tensión del vapor de agua”.

El primero en demostrar la existencia de la presión ejercida por la atmósfera fue el físico italiano Evangelista Torricelli en el año 1643, con el experimento que lleva su nombre y que consiste en lo siguiente: se llena con mercurio un tubo de vidrio de unos 90 cm de largo, donde uno de los extremos está cerrado.

Una vez lleno de mercurio se oprime con un dedo el extremo abierto, para impedir la salida del mercurio y se lo invierte colocándolo verticalmente dentro de un recipiente conteniendo también mercurio. Se retira el dedo, se verá entonces que el mercurio del tubo baja de una cierta altura, permaneciendo luego estacionario y dejando en la parte superior un espacio vacío (a) llamado “vacío de Torricelli” o cara barométrica. La columna de mercurio dentro del tubo es sostenida por la presión que

la atmósfera ejerce sobre la superficie libre del mercurio en el recipiente, y al nivel del mar será de más o menos 760 mm de largo.

La presión del aire, ejercida por su peso en ese punto, es lo que equilibra la columna de mercurio dentro del tubo, como lo prueba el hecho de que si éste tuviera en su parte superior un robinete y se lo abriera permitiendo la entrada del aire, el nivel del mercurio dentro del tubo descendería hasta ser igual al del recipiente. En este supuesto el peso del aire y, por lo tanto, su presión, incidiría en igual forma dentro como fuera del tubo, cosa que no sucede al efectuar el experimento de Torricelli, pues ni peso ni presión alguna actúan entonces sobre la parte superior de la columna mercurial dentro del tubo.

Sentado que el peso de la columna de aire determina la presión atmosférica, es evidente entonces que el valor de la misma disminuirá con la altura, pues cuando un cuerpo se eleva va dejando de bajo de si capas de aire cuyos pesos no ejercerán ya la acción que ejercían en el punto de partida. En un lugar dado, la variación de la presión atmosférica estará determinada por la variación del peso de la columna de aire sobre ese lugar.

### **4.3. Presión Normal**

El experimento de Torricelli muestra cómo el peso de una columna de mercurio equilibra el peso de una columna de aire. Pero como este peso es numéricamente igual a la presión atmosférica, es evidente que bastará en conocer el peso de una columna de mercurio, para tenerle valor de la presión atmosférica expresada en gramos por centímetro cuadrado.

Para poder comparar las presiones de distintas fechas y distintos lugares, se ha elegido convencionalmente como la unidad, la presión en gramos por centímetro cuadrado, ejercida por la columna de aire que equilibra una de mercurio de 760 mm de altura, cuando el peso específico de ésta sea de 13,5959 gramos por centímetros cúbico. Este valor corresponde al peso específico que el mercurio adquiere cuando está sometido a la acción de la “gravedad normal”, o sea a la gravedad de  $980,665 \text{ cm/segundo}^2$  y cuando su temperatura es de  $0^\circ\text{C}$ . Esa presión recibe el nombre de “presión normal” y su valor es de 1.033,3 gramos por centímetro cuadrado.

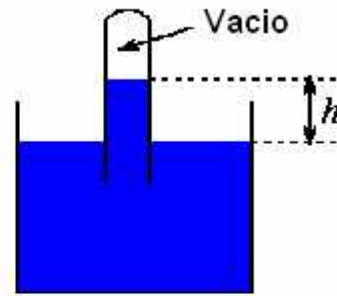


## Barómetro

$$P = P_a + \rho g h$$

$$P = \rho g h$$

Presión Absoluta



$$\text{Agua } (\rho = 1000 \text{ kg/m}^3) : h = \frac{P_a}{\rho g} = \frac{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}}{10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2} = 10.3 \text{ m}$$

$$\text{Mercurio } (\rho = 13.6 \rho_{H_2O}) : h = 0.76 \text{ m}$$

*1 Torr = 1 mm Hg* (unidad común de laboratorio)

Por ejemplo si el experimento de Torricelli efectuado con un tubo cuyo sección sea de 1 centímetro cuadrado y en el cual la altura del mercurio ha llegado a 76 cm, en un lugar donde un peso específico es de 13,5959 gramos por  $\text{cm}^3$ . El peso de la columna estará dado entonces por

$$P = v \cdot p$$

donde P es el peso, v el volumen y p el peso específico del mercurio.

A su vez

$$V = s \cdot h$$

siendo s la superficie y h la altura. Pero según lo supuesto s igual a  $1 \text{ cm}^2$ , y luego numéricamente

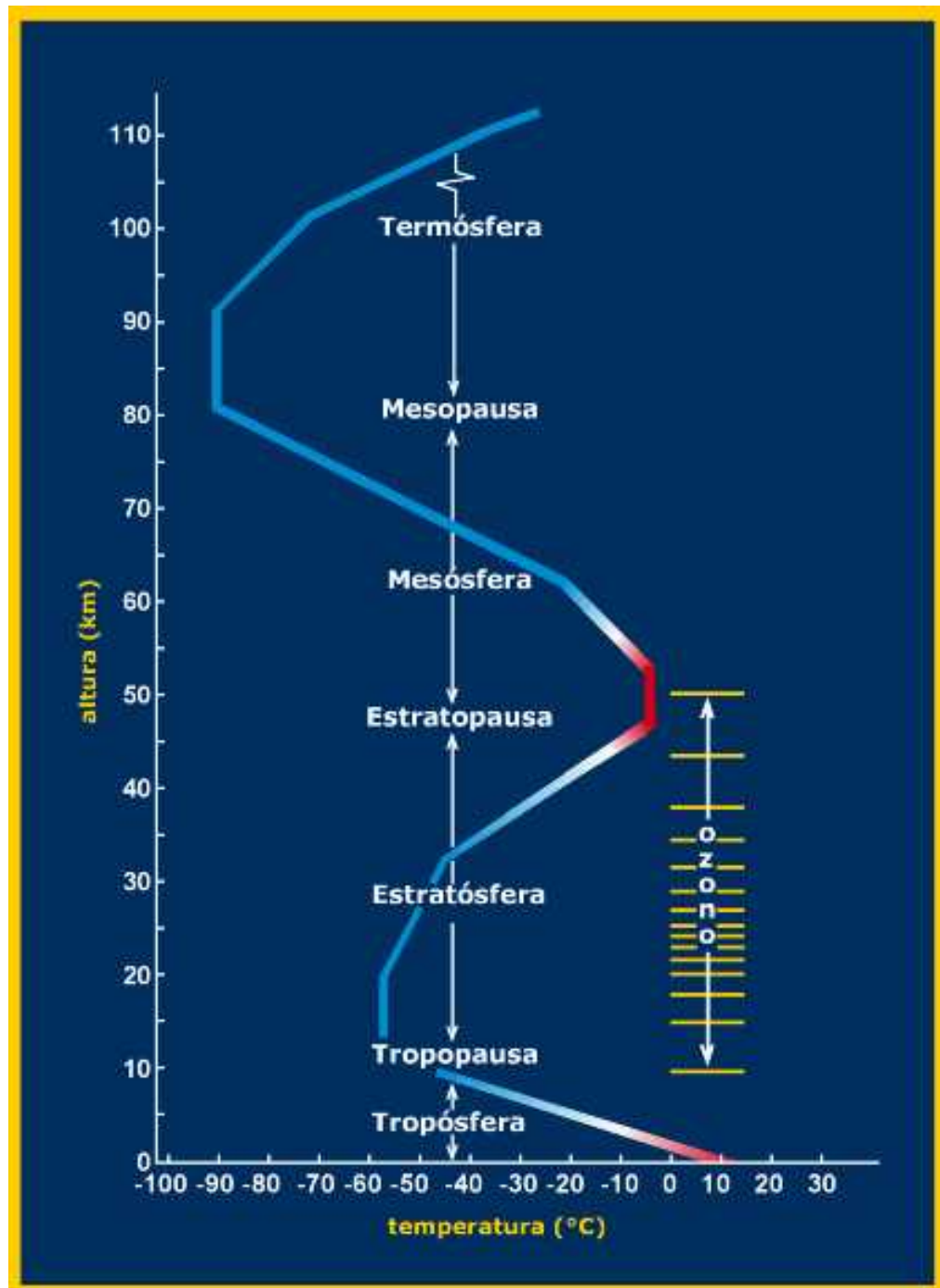
$$V = h$$

y de aquí

$$P = 76 \text{ cm}^3 \times 13,5959 \text{ g/cm}^3 = 1.033,288 \text{ gramos.}$$

La presión en un cierto punto corresponde a la fuerza (peso) que la columna atmosférica sobre ese lugar ejerce por unidad de área, debido a la atracción gravitacional de la Tierra. La unidad utilizada para la presión atmosférica se

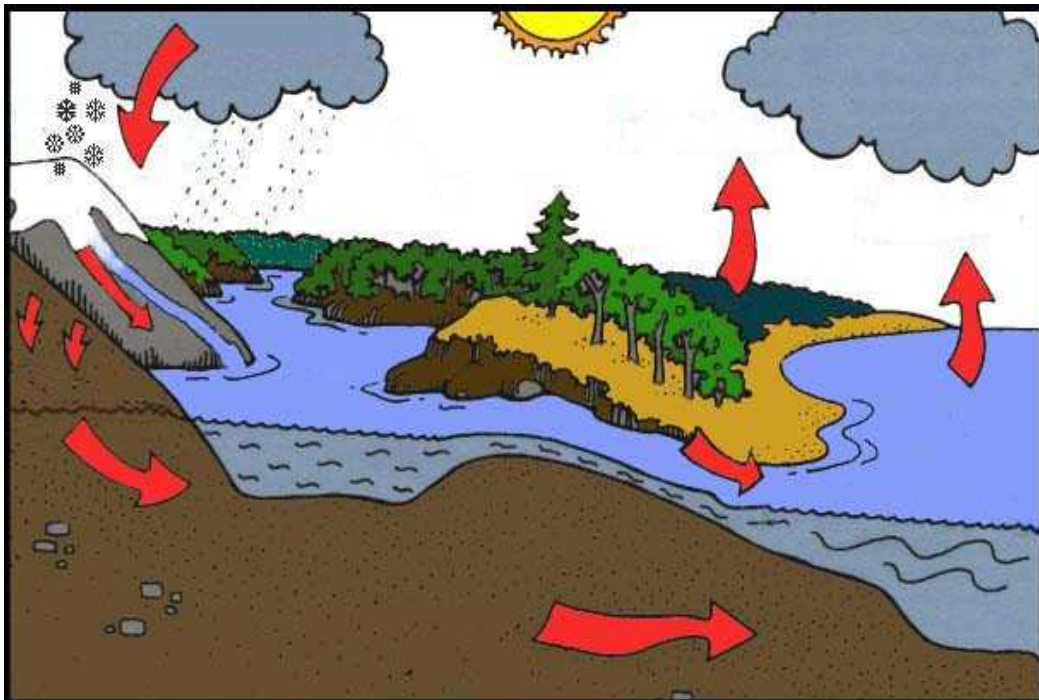
denomina hectopascal (hPa) o milibar (mb) y corresponde a una fuerza de 100 Newton por metro cuadrado. En la figura se muestra como varía la temperatura desde la superficie de la Tierra hasta unos 100 km de altura:



En la capa más cercana a la superficie, denominada troposfera, que se extiende hasta unos 12 km sobre ella (unos 19 km en el Ecuador y unos 9 km sobre los Polos), la temperatura disminuye a una tasa promedio de 6.5 °C por kilómetro. En esta capa, que concentra un 80% de toda la masa de la atmósfera, ocurren los

fenómenos meteorológicos más relevantes. En el límite superior de la tropósfera, denominado tropopausa, donde la temperatura deja de disminuir, la temperatura es cercana a  $-55^{\circ}\text{C}$ .

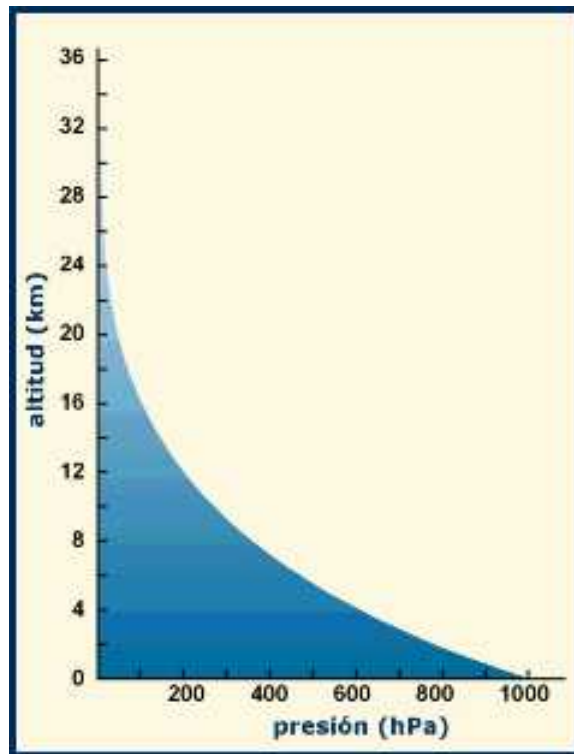
Por encima de la tropósfera se encuentra la estratosfera, que se extiende hasta unos 45 km. En ella la temperatura aumenta con la altura hasta un valor cercano a  $0^{\circ}\text{C}$  en su límite superior denominado estratopausa. La concentración de masa atmosférica en los niveles superiores de la estratósfera y en las capas por encima de ella es tan baja que el significado de la temperatura no es el mismo que tiene a nivel de la superficie del planeta. Por lo tanto, el vapor de agua y el  $\text{CO}_2$ <sup>21</sup> son los dos componentes gaseosos más importantes en la generación del efecto invernadero en la atmósfera terrestre:



Por encima de la estratosfera la temperatura disminuye con la altura, definiendo la capa denominada mesosfera, la cual culmina a unos 80 km de altitud donde la temperatura es del orden de  $-90^{\circ}\text{C}$  (mesopausa). Por encima de ese nivel, y hasta un nivel superior no bien definido la temperatura vuelve a aumentar con la altura definiendo la capa denominada termosfera.

<sup>21</sup>  $\text{CO}_2$ : Dióxido de Carbono.

La presión atmosférica promedio a nivel del mar es ligeramente superior a 1000 hPa, lo que corresponde a una fuerza cercana a 10 toneladas por metro cuadrado (1 Kg por cm<sup>2</sup>). Como la atmósfera es compresible, el efecto de la fuerza gravitacional hace que su densidad (masa por unidad de volumen) disminuya con la altura, lo cual a su vez explica que la disminución de la presión con la altura no sea lineal.



#### 4.4. Barómetros

Se llaman barómetros (del griego baros, pezantes y metrón, medida) a los aparatos usados para determinar la presión atmosférica. En meteorología son dos los tipos comúnmente empleados:

- 1) Barómetros de mercurio;
- 2) Barómetros aneroides (del griego an, sin; aer, aire y eidos, forma), u holostéricos (holos, entero y stereos, sólido).

#### 4.4.1. Barómetros de mercurio

El tubo empleado en el experimento de Torricelli constituye el principio de los barómetros de mercurio. El uso generalizado del mercurio obedece al hecho de ser éste el líquido que posee el mayor peso específico, y con el cual será, por lo tanto, más corta la columna necesaria para equilibrar el peso de la columna de aire.



Como puede emplearse cualquier líquido en el experimento de Torricelli, los barómetros fundados en este principio reciben el nombre genérico de “barómetros de columna líquida”. Se emplea, sin embargo, casi exclusivamente mercurio, por las siguientes razones principales:

a) Es el líquido que posee el mayor peso específico, permitiendo el empleo de tubos de longitud perfectamente manejables.

b) A las temperaturas ordinarias de la atmósfera los vapores del mercurio son escasos y la tensión por ellos producida en la cámara barométrica o cámara de vacío, obrando como fuerza opuesta al levantamiento de la columna, arrojará un error de menos de un centésimo de milímetro ( $< 0,01$ ) en el largo de la misma, a  $40^\circ$  de temperatura.

c) El mercurio puede obtenerse puro, sin cuerpos extraños, y por lo tanto, conocerse su peso específico con suficiente exactitud para permitir la determinación de la presión atmosférica con error de más o menos un centésimo de milímetro (0,01 mm).

d) No moja las paredes del vidrio y, estando limpio, no se adhiere a la misma.

e) La parte superior convexa de la columna, llamada menisco, y la parte central del mismo, quedan perfectamente delineados a través del vidrio y permiten una buena determinación de la altura de la columna.

f) No se solidifica mientras su temperatura no sea inferior a 38° C.

Con el objeto de obtener una medida exacta de la altura de la columna mercurial dentro del tubo barométrico, indispensable para una correcta determinación de la presión atmosférica, y sobre todo para poder medir sus variaciones relativamente pequeñas, fue necesario introducir muchas mejoras en el barómetro simple usado por Torricelli, ya que no permitía llegar a mediciones con la exactitud requerida en la determinación de la presión atmosférica.

Varias son las formas y los recursos ideados dentro del tipo de los barómetros de mercurio para llegar a dichos resultados, pero por no corresponder al uso generalizado en el servicio meteorológico argentino, sólo se describirá e indicará el manejo de los barómetros conocidos como de cubeta móvil y cubeta fija.

#### **4.4.2. Barómetro tipo Fortín**

El barómetro de nivel constante o cubeta móvil conocido comúnmente como barómetro Fortín, requiere para su lectura el ajuste del nivel inferior del mercurio a un punto determinado. Consta esencialmente de dos partes principales, el tubo barométrico y la cubeta.

El tubo barométrico es un tubo de vidrio de unos 90 cm de largos y un diámetro interior de 12 mm, cerrado en su parte superior y abierto en la inferior, protegido exteriormente por otro tubo de metal, generalmente de bronce, con dos aberturas longitudinales opuestas que permiten ver el tubo interior del vidrio. Por la abertura interior se desliza un cursor sobre el cual está grabado el nonio<sup>22</sup> movido por un piñón que haciéndolo subir o bajar, permite colocarlo a la misma altura de la columna mercurial y leer esa altura con la ayuda de la escala graduada, colocada a uno o ambos lados de la abertura longitudinal.

Entre el tubo del vidrio y el de metal se colocan unos anillos de corcho, para impedir los movimientos de aquél y dificultar su rotura. La envoltura exterior metálica lleva en su parte superior una arandela de suspensión, para colgar el barómetro y en la parte inferior el termómetro llamada "termómetro adjunto". El bulbo del mismo va colocado entre el tubo de vidrio y el de metal, con el propósito de poder dar, lo más

---

<sup>22</sup> Nonio: Dispositivo que, acoplado en una regla o a un limbo graduado, facilita la lectura de fracciones o subdivisiones de la escala principal a la que se aplica.

aproximadamente posible, la temperatura media del mercurio y de la escala del barómetro.



La cubeta, la forma un cilindro de cristal cerrado en su parte superior por una tapa de madera fijada a la parte inferior de la tapa metálica y ésta, a su vez, se encuentra unida por unos tornillos al tubo de metal. A un lado de esta tapa de madera va colocada una pieza cónica de marfil cuya punta, bien afinada, constituye el cero de la escala del barómetro.

Por el centro de la tapa pasa el tubo de vidrio cuya parte final estrechada, se sumerge en el mercurio de la cubeta. Un ligero estrangulamiento del tubo, permite fijarlo a la tapa de madera, por medio de una gamuza, que impidiendo la salida del mercurio cuando se invierte el aparato, permite sin embargo el paso del aire por sus poros cuando el barómetro está en posición de uso.

La parte inferior de la cubeta del cristal apoya sobre el cilindro de boy, manteniendo firme con ayuda de una pieza circular metálica y unida a su vez a la tapa superior por los tornillos, formando el todo, junto con la gamuza, que lo cierra por debajo, el espacio cerrado donde se acumula el mercurio y sobre cuya superficie libre actúa la presión del aire.

Para hacer más eficaz el ajuste de la cubeta de cristal con las partes se colocan las arandelas de cuero. Sobre la pieza principal, va atornillada la tapa cilíndrica de metal, recubriendo toda la parte baja de la cubeta. En la parte inferior central de esta tapa juega el tornillo de enrase<sup>23</sup>, que actuando sobre la pieza de

---

<sup>23</sup> Enrase: Acción y efecto de igualar el nivel de una cosa con otra.



boy, permite subir al fondo de la gamuza y con ello el nivel del mercurio dentro de la cubeta.

El barómetro debe ir colocado verticalmente y una buena suspensión se obtiene por medio de la tabla de suspensiones. Esta tiene en la parte superior un gancho, del cual se cuelga el barómetro. La parte inferior de la tabla posee el anillo de hierro, por el interior del cual debe pasar la tapa cilíndrica. Tres tornillos de ajuste en el anillo, colocados a  $120^\circ$  uno de otro, permiten fijar al barómetro cuando se le ha dado la posición vertical.

Dos planchuelas de porcelana u otro material color blanco, colocadas para quedar detrás de la cubeta y de las y de las aberturas longitudinales del tubo metálico, facilitan, estando convenientemente iluminadas, la correcta apreciación de los niveles inferior y superior del mercurio.

#### **4.4.3. Barómetro de cubeta Fija**

El barómetro de cubeta fija o escala compensada, consta también esencialmente de un tubo barométrico y de una cubeta. Se diferencia de los tipos de Fortín en que en ellos no es necesario ajustar el nivel inferior del mercurio dentro de la cubeta, para efectuar las lecturas.

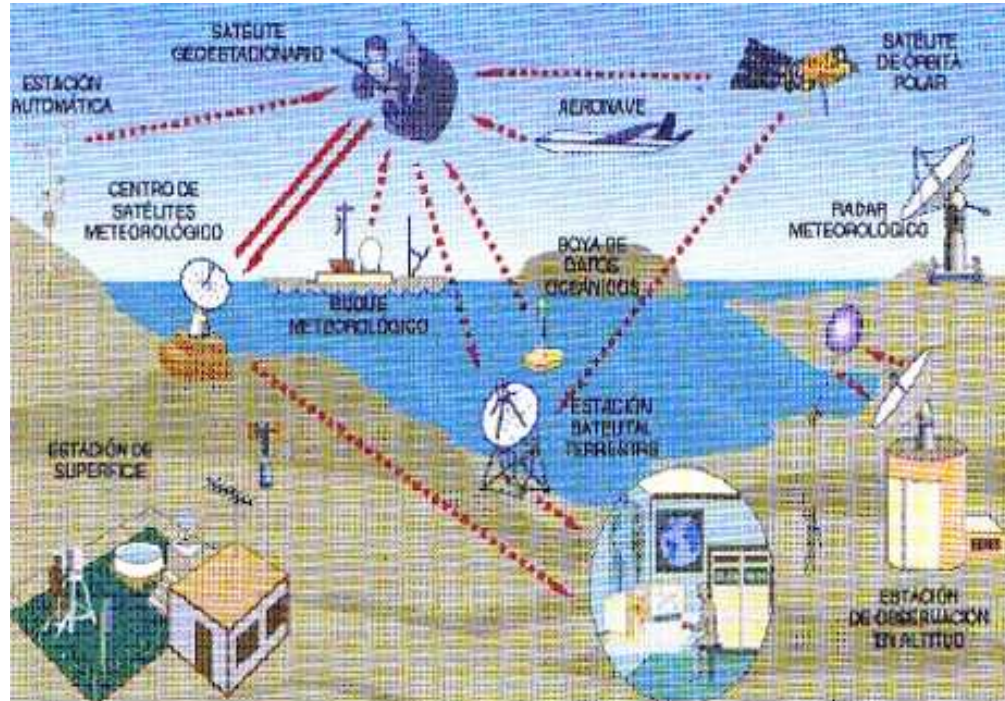
En estos barómetros el cero de la escala está dado en cada caso del nivel de mercurio dentro de la cubeta, y como es el móvil, se gradúa en forma especial para dar directamente la altura real de la columna mercurio.





## 5. Técnica

### 5.1. Funcionamiento de un servicio meteorológico



La primera etapa, corresponde a la obtención de información básica que después será analizada, es decir de los datos de cada variable meteorológica, a través de muy diversas fuentes y su retransmisión posterior. Estas fuentes pueden ser: estaciones sinópticas, radares meteorológicos, radiosondas, satélites meteorológicos y otros medios.

La segunda, corresponde a la recepción y concentración de los registros obtenidos, su procesamiento, elaboración y almacenamiento, por medio de sistemas automatizados y computarizados, hoy imprescindibles en todo centro de procesamiento de datos meteorológicos. En esta etapa de elaboración, están incluidos los servicios de vigilancia meteorológica y de predicción meteorológica numérica u objetiva.

En tercer lugar, tenemos el encaminamiento y la distribución entre los distintos usuarios, de la información obtenida o de los resultados y conclusiones a que llegaron los especialistas luego del análisis y el procesamiento de aquella información. Estos productos toman la forma de pronósticos, avisos o advertencias, etc. Los usuarios son el público en general y distintos ámbitos de la actividad humana, tales como la agricultura, los recursos hídricos, el turismo, la aviación, la

industria de la construcción, la ecología, las actividades marítimas, el ocio y la recreación, etc.

La observación meteorológica consiste fundamentalmente en la medición de las variaciones de amplitud e intensidad que experimentan los distintos elementos y variables de la atmósfera, tales como la temperatura del aire, la presión atmosférica, las nubes, el viento, las precipitaciones y algunos otros.



Ahora bien, la observación meteorológica es realizada por personal capacitado y en un lugar adecuado, es decir en un sitio que ha sido dotado con los instrumentos correspondientes y en el que el observador realiza su lectura en horas fijas, establecidas con alcance mundial por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Esto es lo que constituye una estación meteorológica. Fundamentalmente, cada estación está compuesta por un local cerrado en el que el observador desarrolla una parte de sus tareas junto a algunos instrumentos, y por un campo operacional, en el que están montados los demás instrumentos que permanecen expuestos al aire libre. Estos campos operacionales pueden ser de mayor o menor complejidad, según la importancia y el tipo de la estación meteorológica de que se trate.

Todo estudio científico de la atmósfera supone disponer, ante todo, de datos meteorológicos precisos. Nuestros sentidos y principalmente la vista y el tacto permiten a los científicos estimar un gran número de observaciones. Por ejemplo, pueden observar la cantidad de nubes presente en el cielo o determinar la dirección del viento por el movimiento de las hojas o una columna de humo. Estas observaciones se denominan observaciones sensoriales.

Sin embargo, los sentidos no bastan y tienen que recurrir a los instrumentos. Por ejemplo, aunque una persona puede determinar si la presión atmosférica está subiendo o bajando, no puede saber el valor exacto de la misma, para lo cual es

necesario consultar a un instrumento. En este caso, las observaciones se llaman observaciones instrumentales.

Los elementos que se miden con ayuda de los instrumentos son los siguientes:

- Duración de la insolación o brillo solar.
- Temperatura del aire, del agua y del suelo.
- Presión atmosférica. Humedad.
- Velocidad y dirección del viento.
- Altura de la base de las nubes.
- Cantidad de lluvia.
- Cantidad de evaporación.
- Radiación solar.

La medida de ciertos elementos meteorológicos depende de la instalación de los instrumentos. La elección del emplazamiento de los instrumentos deberá ser tal que sea representativo de las condiciones del medio que le rodea, por lo tanto será necesario evitar toda influencia inmediata de árboles o edificios, lejos de fuertes pendientes ni sobre las cimas.

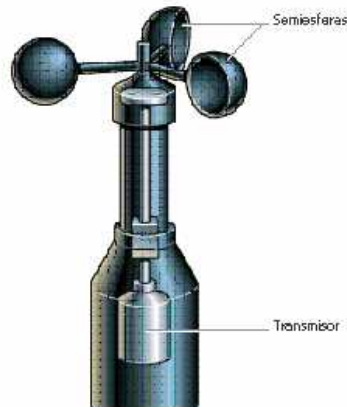
Los instrumentos meteorológicos para fines científicos deben cumplir los siguientes requisitos: regularidad en el funcionamiento, precisión, sencillez en el diseño, comodidad de manejo y solidez de construcción.

De acuerdo con el modo de realizar la lectura, los instrumentos meteorológicos se pueden dividir en dos categorías fundamentales: instrumentos de lectura directa y aparatos registradores. Los primeros son más precisos, pero cada medida necesita una lectura. Los segundos se refieren a instrumentos en los cuales el movimiento de las partes móviles se amplía por palancas, que actúan sobre una plumilla que inscribe sobre una banda de papel arrollado alrededor de un tambor movido por un mecanismo de relojería. Estas bandas están graduadas para poder determinar la hora exacta de cada punto de la curva registrada.

A continuación se presenta una lista y descripción de los instrumentos meteorológicos más comunes:

**Anemógrafo**: Registra continuamente la dirección (grados) de la velocidad instantánea del viento (m/s), la distancia total (en km) recorrida por el viento en relación con el instrumento y las ráfagas (en m/s).

**Anemómetro:** Mide la velocidad del viento (m/s) y, en algunos tipos, también la dirección (en grados).



**Barógrafo:** Registra continuamente la presión atmosférica en milímetros de mercurio (mm Hg) o en milibares (mb). En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de presión es el hectopascal (hPa).  $1 \text{ hPa} = 1 \text{ mb}$ .

**Barómetro de Mercurio:** Instrumento para medir la presión atmosférica, la cual se equilibra con el peso de una columna de mercurio. Las unidades son el milímetro de mercurio (mm Hg), el milibar (mb) o el hectopascal (hPa).



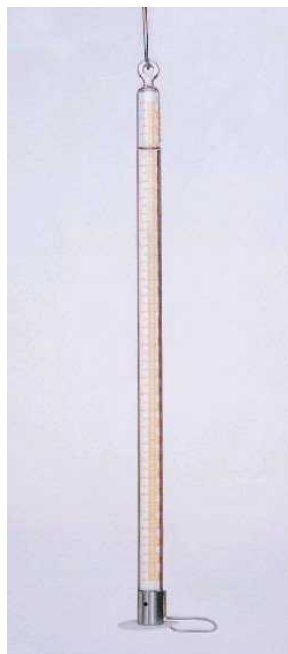
**Barómetro de mercurio**

**Caseta o abrigo meteorológico:** Pequeña casilla de paredes de madera, puerta y fondo de doble persiana que favorece la ventilación interior e impide que la radiación solar afecte a los instrumentos colocados en su interior. Deben de estar pintados de blanco.



**CASETA METEOROLOGICA**

**Evaporímetro:** Aparato para medir la cantidad de agua que se evapora en la atmósfera durante un intervalo de tiempo dado. Se denomina también como atmómetro y es el término general para denominar cualquier aparato que sirva para medir la evaporación. Las unidades son el mililitro (ml) o el milímetro de agua evaporada.



**EVAPORIMETRO**



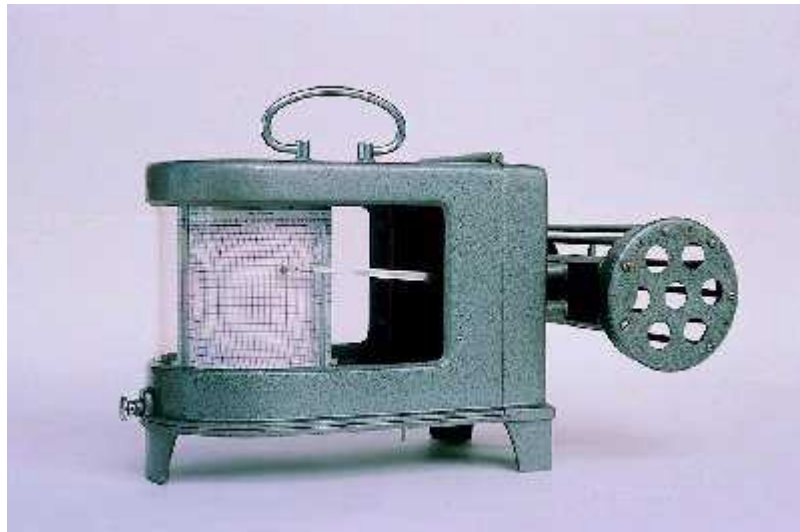
**Heliofanógrafo o heliógrafo:** Instrumento que registra la duración de la insolación o brillo solar, en horas y décimos.



**HELIOGRAFO (DE CAMPBELL STOKES)**

---

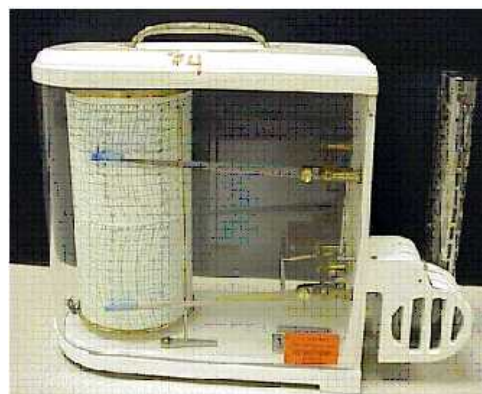
**Higrógrafo:** Aparato que registra la humedad relativa del aire (%).



**higrógrafo**

---

**Higrotermógrafo:** Registra, simultáneamente, la temperatura (°C) y la humedad relativa del aire (%).



**Higrotermógrafo**

---

**Microbarógrafo**: Igual que el barógrafo, pero registra variaciones de la presión mucho menores.



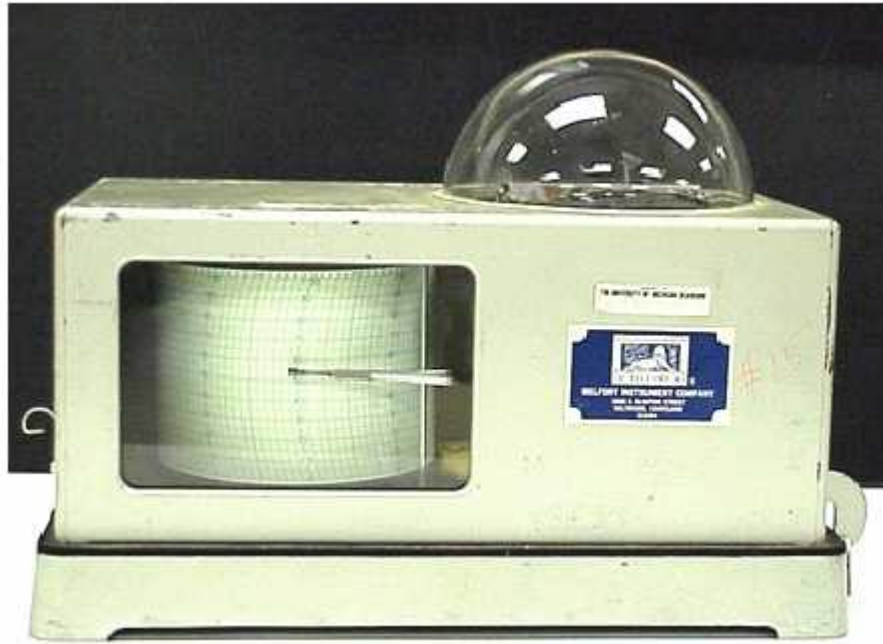
Microbarógrafo

**Piranómetro**: Mide la radiación solar global o difusa ( $\text{cal.cm}^2.\text{mm}$ ).



Piranómetro

**Pirhelió-metro/grrafo**: Instrumento para medir y graficar la radiación solar directa.(cal.cm<sup>2</sup>.mm)



Pirhelió-metro/grrafo

---

**Pluviógrafo** - Registra la cantidad de lluvia caída, en milímetros (mm).



Pluviógrafo

---

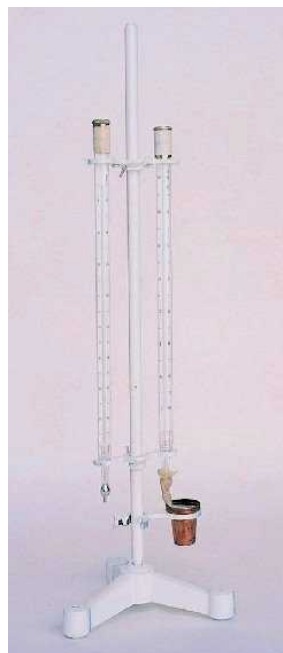


**Pluviómetro**: Mide la cantidad de lluvia caída, en milímetros (mm).



Pluviómetro

**Psicrómetro**: Mide la humedad relativa (%) de un modo indirecto.



PSICRÓMETRO



Psicrómetro

---

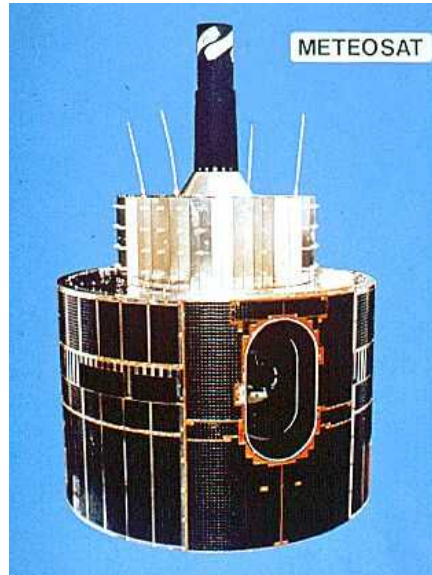
**Satélite Meteorológico:** Es un satélite diseñado exclusivamente para recepción y transmisión de información meteorológica. Los datos que proporciona son en su mayoría en tiempo real, especialmente imágenes. Existen dos clases de ellos, los geoestacionarios y los polar-sincrónicos.



Satélite Meteorológico

---

**Satélite Meteorológico Geoestacionario:** se caracterizan por permanecer sobre un punto fijo con respecto a la superficie terrestre y una distancia aproximada de 36000 Km de altura. Las imágenes que proporcionan estos satélites tienen una frecuencia de 30 minutos y su resolución espacial va de 8 a 1 Km. De este tipo de satélites es el GOES 8, el cual cubre a toda Centroamérica.



Satélite Meteorológico Geoestacionario

**Satélite Meteorológico Polar-Sincrónico:** Estos satélites tienen órbitas de giro alrededor de la tierra con dirección casi paralela a los meridianos; es decir, recorren el planeta de polo a polo. Su órbita descendente es norte-sur en la mitad hemisférica iluminada por el sol; por el contrario, ascienden de sur a norte en la zona oscura. El tiempo aproximado en completar una vuelta es de 12 horas, por lo que completan dos ciclos en un día. Su altura aproximada es de 850 Km y su resolución espacial es mucho mas fina que los geoestacionarios.



**SATELITE METEOROLÓGICO  
POLAR-SINCRÓNICO**

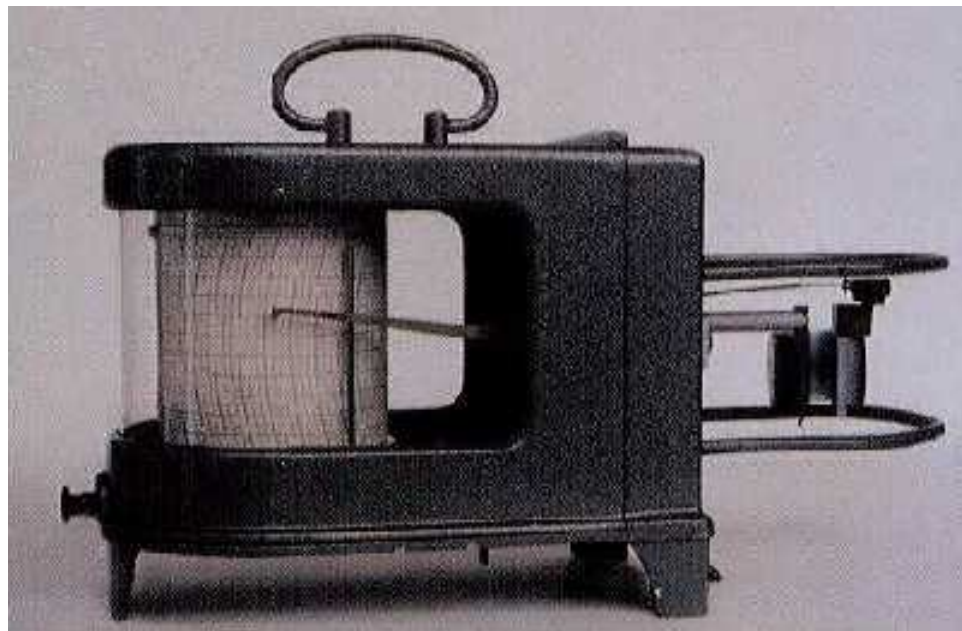
**Tanque Evaporimétrico:** Mide la evaporación en milímetros (mm) de un recipiente o cubeta algo profunda y de bastante superficie en el cual se mide la evaporación por la disminución del nivel del agua.



Tanque evaporímetro

---

**Termógrafo:** registra la temperatura del aire en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

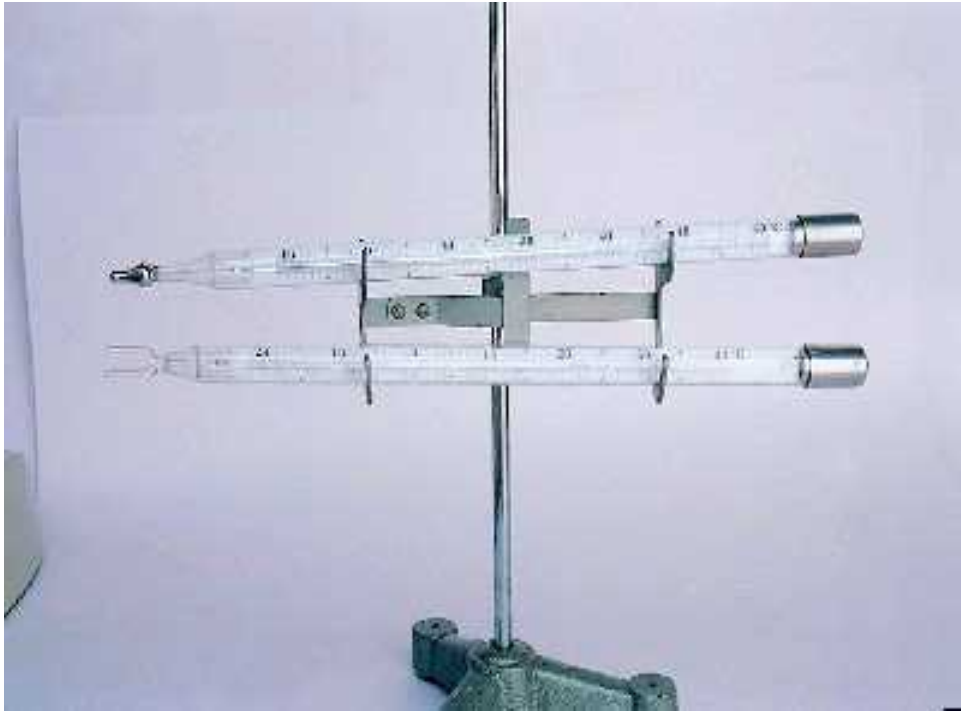


TERMÓGRAFO

---



**Termómetros de Máxima y Mínima:** Indican las temperaturas máxima y mínima del aire (°C) ocurridas en el día.



**TERMÓMETRO DE MÁXIMA Y MINIMA**

---

**Termómetros de Suelo:** Indica la temperatura del suelo a diversas profundidades, en grados Celsius (°C).



**TERMÓMETRO DE SUELO**

Para medir la estructura vertical de la atmósfera en la troposfera y en parte inferior de la estratosfera, se realizan sondeos en una red de estaciones en todo el mundo, en forma simultánea. En las mediciones se realizan sondeos con globos (sondeo de globo piloto). Para esto se lanza un globo lleno de hidrógeno que asciende con una velocidad constante. La velocidad se calcula por triangulación, a partir de mediciones del ángulo entre la línea recta hacia el globo y la horizontal (ángulo de elevación), y el ángulo entre la proyección de esa línea sobre el plano horizontal y la dirección hacia el norte (ángulo de azimut).

## 6. Resultados

A partir de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional, obtengo estadísticamente los siguientes valores:

| 1900/1910   | Temperatura | Presión atmosférica | Población |
|-------------|-------------|---------------------|-----------|
| Media       | 15.5        | 760.57              |           |
| Mediana     | 16.1        | 761                 |           |
| Moda        | 0           | 762.4               |           |
| Crecimiento |             |                     | 1145780   |

| 1990/2000   | Temperatura | Presión atmosférica | Población |
|-------------|-------------|---------------------|-----------|
| Media       | 17.2        | 760.65              |           |
| Mediana     | 18.2        | 761                 |           |
| Moda        | 13.9        | 0                   |           |
| Crecimiento |             |                     | 1232229   |

Para el primer período se observa que los valores medios anuales, tanto como de la temperatura como de la presión atmosférica se encuentran muy próximos y en el mismo intervalo de clase para la media y la mediana. No se cumple así para la moda de la temperatura debido a que no hay valores representativos para tal función. En cambio, la moda de la presión ofrece un valor cercano al intervalo que representa a la media y a la mediana, observando un incremento de la población de 1.145.780 habitantes en la Provincia de Bs. As..

En el segundo período, los valores medios anuales presentan una media y una mediana un poco más alejada, pero dentro del mismo intervalo de clase, para la temperatura y muy cercano para la presión atmosférica. Contrariamente con el período anterior, la temperatura tiene moda pero no corresponde al intervalo de clase y la presión, no posee valor modal. En este período, el incremento de la población esta visto por 1.232.229 habitantes. Para poder apreciar las diferencias confeccione la siguiente tabla:

| Diferencias | Temperatura | Presión atmosférica | Población |
|-------------|-------------|---------------------|-----------|
| Media       | 1.7         | 0.08                |           |
| Mediana     | 2.1         | 0                   |           |
| Moda        | 13.9        | -762.4              |           |
| Crecimiento |             |                     | 86449     |

## **7. CONCLUSIONES**

### **7.1. Conclusión 1:**

Observando los datos obtenidos, se podría decir que de acuerdo a los incrementos poblacionales de las décadas analizadas, los valores de la temperatura tienen una diferencia de aproximadamente 2°C y la presión atmosférica no presenta diferencia alguna. No obstante, observando la población desde el año 1900 hasta el 2000, se ve un crecimiento tecnológico cada vez más importante.

El aumento poblacional es de 12.906.035 habitantes en la provincia, entre los dos períodos. Esta cantidad de personas, impulsados por las nuevas tecnologías, están modificando la región en una escala sin precedentes. Por todas partes hay signos de estrés: hábitat naturales destruidos, suelos degradados, aire y agua contaminados, etc..

A partir del calentamiento global, el cambio climático es una amenaza para la humanidad, pero nadie puede asegurar los futuros efectos o la magnitud de éstos. La reacción ante esa amenaza será costosa, compleja y difícil. Existe incluso desacuerdo sobre si realmente existe un problema: mientras que numerosas personas temen la extrema gravedad de los efectos, otras argumentan que los científicos no pueden dar pruebas irrefutables de que sus previsiones se harán realidad. Igualmente, no hay claridad en cuanto quienes son los que sufrirán más en las diversas regiones. Sin embargo, si la comunidad espera a que surjan las primeras consecuencias y las primeras víctimas, probablemente será muy tarde para actuar.

La Meteorología es la ciencia dedicada a la observación, descripción, comprensión y pronóstico de los fenómenos atmosféricos. Debido a que nuestra atmósfera es tan extensa y presenta fenómenos tan diversos, en la actualidad no se ha podido registrar ni describir completamente su comportamiento. Los científicos tienen mucho por hacer aún, no solo para satisfacer su curiosidad básica, sino también para afrontar problemas prácticos en agricultura, comercio, comunicaciones, salud, industria, transporte y contaminación.

Los científicos aseguran que la cuestión ya no es si el cambio climático es un problema potencialmente grave, sino en qué forma se manifestará, cuáles serán sus repercusiones y como será la mejor forma de detectarlas. Los sistemas informáticos aún no son lo suficientemente avanzados para brindar respuestas claras y concluyentes para los cambios climáticos. No obstante, si bien el cuándo,



dónde y cómo no está definido, el panorama que se desprende de estos modelos climáticos nos lanza señales de alarma.

Los cambios que son apreciables en las condiciones de entorno de nuestro sistema climático, hace alterarlo trayendo como consecuencia cambios o variaciones en él. Sin embargo, aún en el caso de que estas condiciones permanecieran constantes, con el clima de nuestra zona experimentará perpetuas variaciones de siglo en siglo y quizás, de un milenio a otro, puesto que su estado en un momento dado depende fundamentalmente de las interacciones dinámicas y termodinámicas entre los diferentes componentes del sistema.

De tal forma, los incrementos poblacionales en el intervalo observado no provocaron un aumento en la presión atmosférica de la Provincia de Buenos Aires, pero sí en la temperatura. Este aumento podría no ser significativo debido a que en esta cantidad de años la variación es prácticamente de dos grados. Pero si el muestreo fuese a nivel mundial se vería que los incrementos poblacionales con sus avanzadas tecnologías alteran el sistema climático llevándolo al calentamiento Global.

## **7.2. Conclusión 2:**

El clima continuará variando y cambiando debido a causas naturales. La investigación está poniendo de manifiesto muchas características fundamentales de los cambios climáticos que se han producido en el pasado, facilitando las bases para poder hacer proyecciones climáticas día a día y que se van comprendiendo mejor. Todavía existe la incertidumbre con respecto a muchas de ellas y a su relativa importancia. No obstante, existe una necesidad inmediata de que se utilicen los conocimientos que actualmente se poseen sobre el clima y las variaciones climáticas en la planificación del desarrollo social y económico.

Para sintetizar esta enorme responsabilidad, sería difícil hallar palabras más elocuentes que las de la conclusión de la Declaración de la conferencia Mundial del Clima, celebrada en Ginebra en febrero de 1979:

“La supervivencia de la humanidad a largo plazo depende de que se logre la debida armonía entre la sociedad y la naturaleza. El clima no es sino una de las características de nuestro medio ambiente natural, el cual debe utilizarse sabiamente. Todos los elementos del medio ambiente ejercen acciones mutuas entre sí, tanto localmente como a distancia. Por lo tanto, la degradación del medio ambiente en cualquier país o zona geográfica debe constituir una grave preocupación para la sociedad ya que puede influir en el clima de cualquier otro

lugar. Los países de todo el mundo deben trabajar juntos para preservar la fertilidad de los suelos, para evitar toda utilización indebida de los recursos hídricos, de los bosques y de los pastizales, para detener la desertificación y para reducir la contaminación de la atmósfera y los océanos. Estas medidas que han de adoptar los países requerirán gran determinación y recursos materiales adecuados, y solamente tendrán significado en un mundo en paz”.

### **7.3. Conclusión 3:**

La matemática ocupa un lugar preponderante en la sociedad actual, contribuyendo desde sus comienzos al proceso de nuestra cultura. Desde las civilizaciones más antiguas hasta la actualidad se ha considerado importante el conocimiento de las matemáticas, tal es la importancia del conocimiento matemático, que ha dado origen a que otras disciplinas se ocupen de ella. Desde sus inicios la humanidad necesitó de las matemáticas, la que comienza por dar respuesta a una necesidad tan simple como la de contar; luego, explorando las estructuras del espacio surge la geometría; cuando es indispensable el estudio de los cambios en el tiempo se llega al análisis matemático y en el intento de dominar lo incierto aparece la probabilidad y estadística, manteniendo además la matemática estrechos lazos con el crecimiento de las civilizaciones hasta convertirse hoy día en una de las disciplinas más fuertes de la sociedad.

Esto lo vi reflejado durante el desarrollo de mi tesina, donde las primeras mediciones meteorológicas fueron realizadas por los científicos a partir de observaciones dándole luego, a partir de un cálculo estadístico una aplicación matemática. Estas aplicaciones tan diversas en todos los campos, como por ejemplo la meteorología, hacen que el conocimiento matemático sea esencial tanto para el hombre común quien ocupa su lugar en una sociedad tecnificada, como para el hombre de ciencia que lo necesita como herramienta de trabajo.

Hoy, como futura profesora, pensando tanto en educar el pensamiento como en impartir reglas para la acción, utilizaría mi tesina como base propedéutica a la hora de explicar estadística. Y tratando de concientizar a los alumnos la importancia de cuidar nuestro medio ambiente.

Por lo tanto, mi misión como futura profesora es preparar a las nuevas generaciones para el mundo en que tendrán que vivir. Es decir impartirles las enseñanzas necesarias para que adquieran las destrezas y habilidades que van a necesitar para desempeñarse con comodidad y eficiencia en el seno de la sociedad con que se encontrarán al terminar el período escolar.

## 8. Bibliografía:

- Servicio Meteorológico Nacional. “Base de datos: Presión Atmosférica y Temperaturas de la Provincia de Bs. As. (Período 1900 / 2000)”. Ed. S.M.N.. Bs. As., 2001.
  
- Instituto Geográfico Militar. “Base de datos: Presión Atmosférica y Temperaturas de la Provincia de Bs. As. (1890 / 2000)”. Ed. I.G.M.. Bs. As., 2002.
  
- Instituto Nacional De Estadística y Censo. “Base de datos: Censo Nacional de Población y Vivienda 1869 / 2001”. INDEC. Bs. As., 2002.
  
- Davis, Gualterio. “Clima de la República Argentina”. Oficina Meteorológica Argentina. Bs. As., 1980.
  
- Servicio Meteorológico Nacional. “Instrucciones Meteorológicas: Barometría y Temperaturas”. Ed. S.M.N.. Bs. As., 1952.
  
- Machado y Marchetti. “Régimen de variaciones climáticas en la República Argentina”. Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Córdoba, 1955.
  
- Personas consultadas :
  - Doctora Adriana y el Doctor Gastón del departamento de información del Instituto Geográfico Militar, ubicado en Avenida Cabildo N° 381. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
  - Al personal encargado de la base de datos de Servicio Meteorológico Nacional, ubicado en la calle 25 de mayo N° 658. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
  - Al personal de información del INDEC, ubicado en la Avenida Julio A. Roca N° 609. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.