

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
CÁTEDRA DE CLIMATOLOGÍA

Trabajo Práctico N° 1

LA OBSERVACIÓN METEOROLÓGICA

Autores: Lic. Silvia Núñez y Lic. Elvira Gentile

Una **observación meteorológica** consiste en la medición o determinación, utilizando instrumental adecuado o valiéndose sólo de la vista, de todos los elementos que, en su conjunto, representan las condiciones meteorológicas en un momento dado y en un determinado lugar. Estas observaciones, realizadas en forma sistemática, uniforme, ininterrumpida y a horas establecidas, permiten conocer las características y variaciones de los elementos meteorológicos, los que constituyen los datos básicos para la confección de cartas del tiempo, para el conocimiento del clima, para la determinación de las leyes generales que rigen la atmósfera, etc.

Las observaciones deben hacerse invariablemente en las horas indicadas y su ejecución tendrá lugar en el menor tiempo posible. Es de vital importancia prestar preferente atención a estas dos indicaciones pues el descuido de las mismas da lugar, por las constantes variaciones de los elementos, a la obtención de datos que, por ser tomados a distintas horas, no pueden ser comparables.

La veracidad y exactitud de las observaciones es imprescindible ya que el no cumplimiento de esas condiciones lesiona los intereses no sólo de la Meteorología, sino de todas las actividades humanas que se sirven de ella. En este sentido, la responsabilidad del observador es mucho mayor de lo que normalmente se supone.

1. ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Siempre que se trate de describir el clima de un lugar, esa descripción ha de hacerse necesariamente en función de los elementos meteorológicos. En realidad, los elementos meteorológicos pueden ser también considerados elementos climáticos.

Entre los elementos más comúnmente utilizados se cuentan las PROPIEDADES FÍSICAS de la atmósfera y su movimiento (por ejemplo temperatura, humedad, presión, viento, etc.) Otro grupo de elementos climáticos es el constituido por los FENÓMENOS METEOROLÓGICOS que se producen en el seno de la atmósfera o en la superficie de la tierra (por ejemplo: cantidad y duración de la lluvia, capa de nieve, tipo y cantidad de nubes, etc.) En los últimos años se ha venido dedicando cada vez más atención al tercer grupo de elementos climáticos: aquellos que se refieren a la COMPOSICIÓN QUÍMICA de la atmósfera (contaminantes, contenido de ozono, contenido de dióxido de carbono, etc.)

2. LAS ESCALAS DE TIEMPO Y ESPACIO

Los distintos procesos atmosféricos, así como sus efectos, ocurren en distintas escalas de tiempo. Por ejemplo, la velocidad del viento arrachado cambia en cuestión de segundos; la nubosidad generalmente experimenta cambios significativos en cuestión de horas, mientras que los cambios estacionales se producen a lo largo de varios meses. Existen fenómenos climáticos cuya duración es de años, décadas, siglos y milenios.

Pero, además, los procesos atmosféricos ocurren en distintas escalas espaciales. Así, aquellos que suceden dentro del alcance visual de un hombre de pie en un lugar se denominan procesos o fenómenos de MICROESCALA; aquellos que se

producen sobre áreas extendidas (como un país o un continente) se llaman de MACROESCALA o ESCALA SINÓPTICA; hay procesos atmosféricos que tienen lugar en una escala más pequeña que la anterior pero cuyas dimensiones son mayores que las que puede apreciar un hombre de pie. Tales procesos o fenómenos se denominan de MESOESCALA. Finalmente, los procesos y/o fenómenos que son tan grandes como la atmósfera misma se llaman HEMISFÉRICOS o GLOBALES.

En la tabla siguiente se resumen los límites temporales y espaciales que generalmente van asociados a las diferentes escalas meteorológicas:

<i>NOMBRE</i>	<i>TIEMPO</i>	<i>HORIZONTAL</i>	<i>VERTICAL</i>
<i>MICROESCALA</i>	<i>1 seg a 1 hora</i>	<i>1 mm a 1 km</i>	<i>1 mm a 10 m</i>
<i>MESOESCALA</i>	<i>1 hora a 12 hs</i>	<i>1 km a 100 km</i>	<i>10 m a 1 km</i>
<i>MACROESCALA</i>	<i>12 hs a 1 semana</i>	<i>100 km a 10000 km</i>	<i>1 km a 20 km</i>
<i>GLOBAL</i>	<i>más de 1 semana</i>	<i>10000 km a globo</i>	<i>20 km a 100 km</i>

Ejemplos:

- *fenómenos de microescala:*

- a) Evaporación del agua desde un estanque con aire calmo.
- b) Turbulencia mecánica generada por un grupo de árboles.

- *fenómenos de mesoescala:*

- a) Tormentas.
- b) Tornados.
- c) Brisa de mar y tierra.
- d) Brisa de valle y montaña.

- *fenómenos sinópticos:*

- a) Sistemas frontales.
- b) Altas y bajas migratorias.
- c) Monzones.

- *fenómenos de escala global:*

- a) Los cinturones de presión y viento.
- b) El cambio de las estaciones del año.

Es importante recalcar que los resultados de los procesos en una escala más pequeña no se manifiestan claramente si existe una fuerte actividad en una escala superior. Por ejemplo, la circulación de una brisa de mesoescala no puede llegar a desarrollarse completamente durante el pasaje de un sistema tormentoso de escala sinóptica.

3- LA OBSERVACIÓN METEOROLÓGICA

Todo estudio de la atmósfera supone disponer, ante todo, de datos meteorológicos precisos y comparables entre sí.

Nuestros sentidos, y particularmente la vista, nos permiten hacer un gran número de observaciones, por ejemplo la cantidad de nubes presentes en el cielo. Estas observaciones se denominan OBSERVACIONES SENSORIALES.

Sin embargo nuestros sentidos no siempre bastan y es necesario recurrir a los instrumentos de medición. Por ejemplo, se requiere leer un termómetro para determinar la temperatura del aire. En este caso, las observaciones se llaman OBSERVACIONES INSTRUMENTALES.

La observación de los diversos elementos meteorológicos se hace en puestos especialmente denominados ESTACIONES METEOROLÓGICAS. A continuación, veremos como se clasifican:

SINÓPTICAS	<i>Superficie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Terrestres</i> • <i>Marítimas</i> 			
	<i>Atmósfera libre</i>	<table border="0"> <tr> <td><i>Terrestres</i></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Globo piloto</i> • <i>Radioviento</i> • <i>Radiosonda</i> • <i>Radiovientosonda</i> </td> </tr> <tr> <td><i>Marítimas</i></td> <td></td> </tr> </table>	<i>Terrestres</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Globo piloto</i> • <i>Radioviento</i> • <i>Radiosonda</i> • <i>Radiovientosonda</i> 	<i>Marítimas</i>
<i>Terrestres</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Globo piloto</i> • <i>Radioviento</i> • <i>Radiosonda</i> • <i>Radiovientosonda</i> 				
<i>Marítimas</i>					
SATELITALES					
CLIMÁTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Principales</i> • <i>Secundarias</i> • <i>Pluviométricas</i> 				
AGROMETEOROLÓGICAS					
AERONÁUTICAS					
ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Electricidad atmosférica</i> • <i>Radar</i> • <i>Freatrimétricas</i> • <i>Hidrométricas</i> • <i>Evaporimétricas</i> • <i>Radiométricas</i> • <i>Contaminación del aire</i> • <i>Química atmosférica</i> • <i>Etc.</i> 				

4- REDES DE OBSERVACIÓN

- *Estaciones Sinópticas:*

Las estaciones sinópticas forman la red mundial de observación meteorológica y tienen la obligación de realizar una observación cada 6 horas. Deben codificar todas las mediciones y enviarlas en tiempo real (10 a 15 minutos) para que a través de un sistema de comunicación mundial sea recibido por todos los países del mundo.

Las estaciones terrestres no deben distar entre sí más de 150 km. Las estaciones terrestres de observación de la atmósfera libre no deben distar entre sí más de 300 km. En el caso de las estaciones marítimas, estas distancias se modifican a 300 km y 1000 km respectivamente.

Si en zonas desérticas o poco pobladas no fuera posible establecer redes con la densidad recomendadas, deberá procurarse que la densidad adoptada sea la más próxima posible a la recomendada. Se considera importante que el espaciamiento entre estaciones terrestres de superficie no supere los 500 km y el existente entre estaciones terrestres de observaciones en la atmósfera libre no supere los 100 km.

• Estaciones Climáticas:

La red de estaciones climáticas deberá dar una representación satisfactoria de las características climáticas para todos los tipos de terrenos del territorio del país, dado que los accidentes geográficos son factores modificatorios del clima. En teoría, el número de estaciones en las que ha de observarse un elemento climático particular debe ser lo suficientemente grande para que permita hacer un análisis completo, sin recurrir a hipótesis dudosas, de la distribución geográfica de los valores medios, extremos y otras características del elemento de que se trate. Esto quiere decir que la densidad ideal depende, en gran medida, del elemento en cuestión y de las características de la región. Por ejemplo, una red poco densa puede ser suficiente para el estudio de la presión a nivel del mar; bastante más densa deberá ser la red destinada al estudio del régimen de vientos, temperatura máxima, lluvia, número de días con nieve; muy densa deberá ser la red destinada a estudiar la temperatura mínima, frecuencia de heladas y frecuencia de nieblas.

Por evidentes razones de índole física, existe una marcada tendencia a que las isolíneas de los valores medios, de los valores extremos y de las frecuencias de la mayoría de los elementos climáticos sean paralelas a los límites geográficos principales (cordilleras, costas). Los límites secundarios, tales como los que existen entre los terrenos llanos y los bosques montañosos, pueden también ejercer una influencia similar aunque de menor escala. En estos casos, una de las condiciones primordiales de la red de estaciones climáticas es que permita el estudio de tales relaciones. Por ello es que se recomienda:

- a) Que la distancia entre estaciones ubicadas perpendicularmente a una cadena montañosa o costa sea del orden de 2 a 10 km.
- b) Que la distancia entre estaciones ubicadas paralelamente a una cadena montañosa o costa sea del orden de 20 a 50 km.
- c) Una estación climática cada 1000 km² si las condiciones geográficas son suficientemente uniformes.

No obstante lo afirmado en c), en el caso de la precipitación y de los hidrometeoros (debido a su gran variabilidad espacial) se requiere una densidad mayor. En las zonas cultivadas o densamente pobladas, ésta no debe ser, en lo posible, inferior a una estación cada 200 km², siendo aconsejable una densidad mucho mayor.

Al planificar la distribución de la red climática debe tenerse cuidado de que todos los tipos de terreno existente en la región (llanuras, lomas, mesetas, islas, costas, cordilleras, etc.) estén representados de manera satisfactoria.

Es necesario tener en cuenta la importancia que tiene obtener registros homogéneos de larga duración, para facilitar el estudio de las tendencias y fluctuaciones climáticas. Cada red climática nacional debe incluir una selección de estaciones establecidas y mantenidas en lugares donde las condiciones climáticas permanezcan inalteradas por el hombre durante un largo período. Siempre que sea posible, las estaciones climáticas deben ser establecidas de modo tal que se pueda esperar un funcionamiento continuo de las mismas por lo menos durante 10 años, en condiciones permanentes en lo que se refiere a la instalación de los instrumentos, calidad de las observaciones, plan de labor, etc. Esto no significa que las series cortas de observaciones sean virtualmente inútiles. Es conveniente que cuando cambie el emplazamiento de la estación, se haga un número suficiente de observaciones simultáneas en el emplazamiento original y en el nuevo, de modo que las dos series de observaciones puedan ser relacionadas.

Según dijimos, el emplazamiento de una estación climática debe ser lo más representativo posible de la zona que rodea a la estación. La palabra “representativo” tiene aquí un significado bastante distinto del que se aplica a las estaciones sinópticas. La existencia de un número considerable de estaciones ubicadas en lugares despejados, con un amplio horizonte, lo cual es tan importante desde el punto de vista sinóptico, tiene algunas ventajas para los estudios climatológicos pero la red de dichas estaciones debe ser completada por estaciones situadas en terrenos menos despejados, tales como valles abrigados, bosques densos o regiones de gran población.

• Estaciones Agrometeorológicas:

Cada país establecerá en su territorio una red de estaciones agrometeorológicas cuya densidad se determinará de acuerdo a las características agrometeorológicas del país. La densidad de esta red dependerá del tipo de problema, la distribución de los cultivos y la variación del suelo y el clima de la región. En lo posible, cada región fitogeográfica homogénea debe estar representada por lo menos con una estación agrometeorológica principal.

• Estaciones Aeronáuticas:

Cada país establecerá en su territorio una red de estaciones aeronáuticas atendiendo a las necesidades que fije el tránsito aéreo. Las características de estas estaciones son similares a las sinópticas, realizan mediciones similares para otra finalidad, por lo

que además se agregan algunos parámetros más. Aquí las mediciones se hacen cada hora.

- Estaciones Especiales:

La determinación de estas redes queda a criterio del país, si bien:

1. Deberá haber, por lo menos, una estación radiométrica principal en cada una de las zonas climáticas principales del país. La densidad de la red radiométrica ordinaria deberá ser adecuada para el estudio climatológico del régimen de radiación del país.
2. Se recomienda equipar a algunas estaciones terrestres de superficie con radar a fin de obtener información sobre las zonas de precipitación y fenómenos conexos, así como también sobre la estructura vertical de los sistemas nubosos, necesario no sólo para las actividades meteorológicas sino también a los efectos de la investigación. A través del Sistema Federal de Emergencias, Argentina contará con una red de 9 radares con tecnología doppler ubicados en la regiones de mayor frecuencia de fenómenos convectivos severos. Al presente, ya se encuentra en operación el primero de estos 9 radares, ubicado en la estación EZEIZA.

5- UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE

En general, todas las estaciones terrestres deberán estar situadas en un lugar que permita instalar correctamente y adecuadamente los instrumentos de medición, así también como realizar observaciones no instrumentales en forma satisfactoria, ya que las mismas deberán ser representativas de la zona. Además, para que las observaciones sean comparables, es necesario que la instalación del instrumental sea semejante.

Un terreno nivelado, recubierto con césped y de aproximadamente 9 metros por 6 metros, es satisfactorio para la instalación de todos los instrumentos, a excepción del barómetro y el barógrafo que van en el interior de la oficina meteorológica. La ubicación del terreno deberá ser tal que sea representativo de las condiciones del medio que lo rodea. Luego, deberá, evitarse la influencia de árboles, edificios y, en lo posible, el terreno no deberá estar situado sobre fuertes pendientes.

6- ELEMENTOS METEOROLÓGICOS OBSERVADOS

- *Estaciones Sinópticas*

-Terrestre Principal de Superficie

Tiempo presente
Tiempo pasado
Dirección y fuerza del viento
Nubosidad
Altura de la base de las nubes bajas (plafond)
Visibilidad
Temperatura
Humedad
Presión atmosférica
Tendencia de la presión en las últimas tres horas
Temperaturas extremas
Precipitación
Estado del suelo
Dirección del movimiento de las nubes
Fenómenos especiales

-Marítima

Tiempo presente y pasado
Dirección y fuerza del viento
Nubosidad
Altura de la base de las nubes bajas
Visibilidad
Temperatura
Humedad
Presión atmosférica
Tendencia de la presión en las últimas tres horas
Rumbo y velocidad de desplazamiento del buque
Temperatura del mar
Dirección de las olas
Período de las olas
Altura de las olas
Hielo en el buque
Fenómenos especiales

-Terrestre de Observación en la Atmósfera Libre

Viento a distintos niveles (estaciones de globopiloto y radiosonda)
Presión, temperatura y humedad a distintos niveles (estaciones de radiosonda)
Presión, temperatura, humedad y viento a distintos niveles (estaciones de radiovientosonda).

Estas observaciones pueden hacerse desde buques.

- *Estaciones Climáticas*

-Principal

Dirección y fuerza del viento
Nubosidad
Altura de la base de las nubes bajas
Visibilidad

Temperatura
Temperaturas extremas
Humedad
Presión atmosférica
Precipitación
Estado del suelo
Heliofanía (duración del brillo solar)
Temperatura de distintas profundidades del suelo. Las profundidades más comunes son 5, 10, 20, 50, 100, 150 y 300 cm.

-Secundaria

Temperaturas extremas
Precipitación
(estos elementos como mínimo)

-Pluviométrica

Sólo precipitación

- *Estaciones Agrometeorológicas*

Obtienen:

-Datos meteorológicos y biológicos
-Otros datos que ayuden a determinar las relaciones entre el tiempo y la vida animal y vegetal

- *Estaciones Aeronáuticas*

Hacen observaciones sinópticas a intervalos de una hora o media hora

- *Estaciones Especiales*

-Radiométricas

Registro continuo de la radiación solar global
Mediciones periódicas de la radiación solar directa
Registro de la heliofanía efectiva

7- HORAS DE OBSERVACIÓN

- *Estaciones Sinópticas de Superficie (Terrestres o Marítimas)*

Tienen la obligación de hacer una observación cada seis horas. Sin embargo puede optarse por una mayor frecuencia y hacerse mediciones cada tres horas. Como mínimo las estaciones sinópticas de superficie deben hacer cuatro observaciones diarias coincidentes con las horas sinópticas principales.

HORAS SINÓPTICAS PRINCIPALES

00 06 12 18 TMG

21 03 09 15 HOA

HORAS SINÓPTICAS SECUNDARIAS

03 09 15 21 TMG
00 06 12 18 HOA

TMG: Tiempo Medio de Greenwich
HOA: Hora Oficial Argentina

Los datos son volcados en cartas del tiempo, de allí se hace un diagnóstico para hacer un pronóstico del tiempo.

- *Estaciones Sinópticas de Observación de la Atmósfera Libre*

Si no es posible realizar cuatro observaciones diarias, deben hacerse dos (a las 00 y 12 TMG). Si sólo es posible una, ésta se hará a las 12 TMG.

HORAS SINÓPTICAS PRINCIPALES	00	06	12	18	TMG
	21	03	09	15	HOA

- *Estaciones Climáticas*

Con respecto a las horas de observación, se debe tener en cuenta que la estructura básica de la red climática está habitualmente constituida por las estaciones sinópticas, en las que se efectúan observaciones a intervalos de 3 a 6 horas, día y noche. Sin embargo, en muchas estaciones y, en especial, en las estaciones en donde se efectúan observaciones para fines climatológicos únicamente, no será posible hacer observaciones durante la noche. Una solución aceptable en este caso sería hacer observaciones en las tres horas sinópticas principales que sean más convenientes desde el punto de vista del observador, quedando sobreentendido que en cada país se deben seleccionar las mismas horas para todas las estaciones (excepto en aquellos países donde se usen distintos husos horarios). En algunas de dichas estaciones suele hacerse una observación adicional a una hora sinóptica intermedia fija, ya sea a primera hora de la mañana o en las últimas horas de la tarde, con el fin de reducir de 12 a 9 horas el intervalo durante el cual no se efectúan observaciones.

Algunos países prefieren hacer observaciones específicas para fines climatológicos a horas no sinópticas. En este caso puede ser ventajoso seleccionar las horas de observación de acuerdo a la hora local.

En las estaciones pluviométricas, en las que se hace una sola observación por día, debe efectuarse preferentemente por la mañana, a la hora sinóptica fija en que las estaciones sinópticas miden la precipitación caída durante la noche (12 TMG).

En las estaciones climáticas, todos los elementos deben ser observados dentro de los 10 minutos que preceden a la hora fijada para las observaciones. Aunque esta regla fue introducida originariamente sólo para las estaciones sinópticas, también debe ser aplicada a las estaciones climáticas con el fin de garantizar la normalización de los procedimientos.

8- LA RED DE OBSERVACIÓN METEOROLÓGICA ARGENTINA

Estaciones sinópticas de superficie	115
Estaciones sinópticas automáticas de superficie	10
Estaciones sinópticas de observación en al atmósfera libre	10
Estaciones climáticas	50
Estaciones pluviométricas	385
Estaciones pluviográficas	100
Estaciones meteorológicas de apoyo a la aeronavegación	20
Estaciones especiales (satelitales, radar, vigilancia atmosférica, ozono, etc.)	170

La información de las estaciones sinópticas, tanto de superficie como de altura, así también como la proveniente de países vecinos y áreas oceánicas adyacentes y toda la información satelital y de radar es recibida en el Servicio Meteorológico Nacional por distintas vías de comunicación.

Los profesionales y técnicos del Servicio Meteorológico Nacional analizan toda la información disponible para elaborar los pronósticos del tiempo y los diversos y numerosos informes que son solicitados diariamente.

El análisis de la información sinóptica de superficie y altitud es efectuado inmediatamente después de recibidos los datos, confeccionándose CARTAS SINÓPTICAS de diversos niveles (entre la superficie y las distintas capas de la estratósfera) necesarias para estudiar el comportamiento atmosférico.

Con esta información, y mediante la aplicación de modelos físico matemáticos, se obtienen “cartas pronosticadas” que indican la situación meteorológica que se prevé ocurrirán en las próximas 6, 12, 18 o 24 horas.

Hoy, todas las tareas de recepción, procesamiento y análisis de la información se realiza por medio de computadoras. De esta manera, se conjuga la velocidad de los sistemas con el conocimiento profesional lo que permite acelerar la obtención del producto final y mejorar su calidad, dado que, al disponer de más tiempo, es posible utilizar mayor cantidad y más compleja información. Actualmente, el Servicio Meteorológico Nacional está trabajando en la modernización de sus redes, mediante la instalación de adaptadores y conversores que permiten, desde su sede central, poder interrogarse y recibir información al instante desde las estaciones automáticas. Esto podrá realizarse vía telefónica a través del módem o por vía satelital.

Pero, además de la transmisión que las estaciones sinópticas realizan apenas obtenida la información, todas las estaciones de la red (climáticas, agrometeorológicas, etc.) asientan los valores obtenidos en una LIBRETA DE OBSERVACIONES. Esta libreta es mensual y, una vez finalizado cada mes, es enviada por correo al Servicio Meteorológico Nacional en donde la información es controlada, consistida, procesada y archivada. Esta información es utilizada en diversos estudios de aplicaciones, en el planeamiento y desarrollo de obras, en

informes y peritajes especializados, en la confección de estadísticas climatológicas, etc.

9- OBSERVACIONES DE LA ATMÓSFERA LIBRE

Las observaciones de la atmósfera libre consisten en determinar el comportamiento en la vertical de los siguientes parámetros:

Presión

Temperatura

Humedad Relativa

Viento

Para poder realizar tales observaciones en la vertical se utilizan como “vehículos” a los globos. Aquellos destinados a las mediciones de **viento** solamente se denominan globos piloto, mientras que los que se utilizan en la medición de **temperatura, presión y humedad relativa** (con o sin **viento**) se denominan globos sonda.

Los globos utilizados con fines meteorológicos son globos extensibles, generalmente de caucho natural o sintético, capaces de alcanzar un diámetro por lo menos cuatro veces superior al que tenían antes de ser inflados.

Los globos piloto no transportan con sí una carga apreciable y por lo tanto son más pequeños que los globos sonda, los cuales deben transportar el instrumental para la presión (P), temperatura (T) y humedad relativa (HR), además del equipo transmisor de tales datos a la tierra.

Los dos gases más apropiados para el inflado de los globos meteorológicos son el helio (He) y el hidrógeno (H). De los dos el más apto es el helio, debido a que es incombustible. No obstante, por su costo, el helio no es usado en la mayoría de los países. Lo común es que se use hidrógeno, si bien es cierto que es necesario tomar precauciones pues el oxígeno y el hidrógeno, en ciertos casos, forman una peligrosa mezcla explosiva.

Nivel Alcanzado Con El Globo

Si se tiene en cuenta que la presión atmosférica disminuye con la altura, es lógico esperar que a medida que el globo asciende, éste se expanda más y más, lo cual traería aparejado su pronta explosión. Para evitar que tal explosión sea prematura, el globo se lanza **semi-inflado** para garantizar que llegará hasta la altura deseada.

Medición del Viento con Globos Piloto

La medición del viento en distintos niveles se logrará a través del seguimiento del globo piloto con:

Teodolitos ópticos y electrónicos.

Radioteodolito.

Radar aerológico.

Sistema satelital (GPS)

En el caso de los teodolitos ópticos, el seguimiento es visual, de ahí que se utilicen globos coloreados para facilitar su identificación. (blancos con cielo despejado; negros con cielo cubierto con nubes blancas, rojos con cielo brumoso, etc.), o bien se añade una pantalla plateada.

Los datos necesarios para poder estimar la velocidad del viento son:

- a) Altura del globo.
- b) Su proyección horizontal a intervalos regulares.

Estos datos pueden obtenerse, a partir de una sola estación, midiendo el ángulo azimutal (desde el norte geográfico) y uno de estos dos parámetros:

- a) Ángulo de elevación del globo.
- b) Distancia del globo a la tierra.

El radioteodolito es un sistema que permite determinar, a la vez, el ángulo de elevación y azimutal de un transmisor que va instalado en el globo y que envía señales a tierra. Los métodos de cálculo son los mismos que con el teodolito óptico, pero tienen la ventaja, de que, al no ser un procedimiento visual, nos independiza del tiempo meteorológico existente en el momento del lanzamiento, el cual, en caso de nubosidad, impide seguir visualmente el globo.

El radar aerológico, es una forma automatizada de seguir el globo en base a sus desplazamientos y así estimar la velocidad del viento, para lo cual el globo debe llevar colgada una pantalla de aluminio que actúe como blanco de radar.

El método más reciente de seguimiento de los globos se realiza a través de la utilización de sistemas satelitales. El instrumento que se utiliza se denomina GPS (Sistema de Posicionamiento Geográfico). Este sistema se basa en el posicionamiento de cinco satélites que permiten determinar en que lugar se encuentra el móvil, en este caso, la radiosonda. De esta manera se puede estimar la velocidad y la dirección del viento según las distintas posiciones que va determinando el GPS.

Hasta hace unos años antes de la existencia la de tecnología satelital se utilizaba el sistema OMEGA, que constaba de antenas receptoras- transmisoras, posicionadas en lugares preestablecidos en el mundo. Este sistema dejó de funcionar a fines de 1997, ya que desde hacía varios años venía siendo reemplazado por el uso de sistemas satelitales.

Medición de Temperatura, Presión y Humedad en Altura

Las mediciones de temperatura, presión y humedad relativa en la atmósfera libre se hacen por medio de **radiosondas**, cuyo seguimiento se realiza con los mismos instrumentos detallados anteriormente.

El equipo de radiosonda está formado por dos partes básicas: Una en el aire, pendiendo del globo que la transporta, que posee los elementos sensibles y que transmite a tierra sus variaciones.

Otra en tierra, que recibe la transmisión y que permite obtener los valores de presión, temperatura y humedad relativa.

La radiosonda propiamente dicha posee tres elementos sensibles (para T, P, y HR), un transmisor eléctrico que intercala a cada elemento sensible en el circuito de transmisión por medio de un conmutador, una fuente de energía eléctrica que alimenta al transmisor (batería de 18 V) y una antena transmisora.

En nuestro país actualmente son solo 9 las estaciones que cuentan con radiosonda debido a su alto costo. (Salta, Resistencia, Córdoba, Mendoza, La Pampa, Ezeiza, Neuquén, Com. Rivadavia, y Antártida.) .

La radiosonda actualmente en uso (la VAISALA RS 80-15 G) cuenta con los siguientes sensores meteorológicos:

sensor de presión (BAROCAP)

tipo de sensor

campo de medida

resolución

sensor de temperatura

tipo de sensor

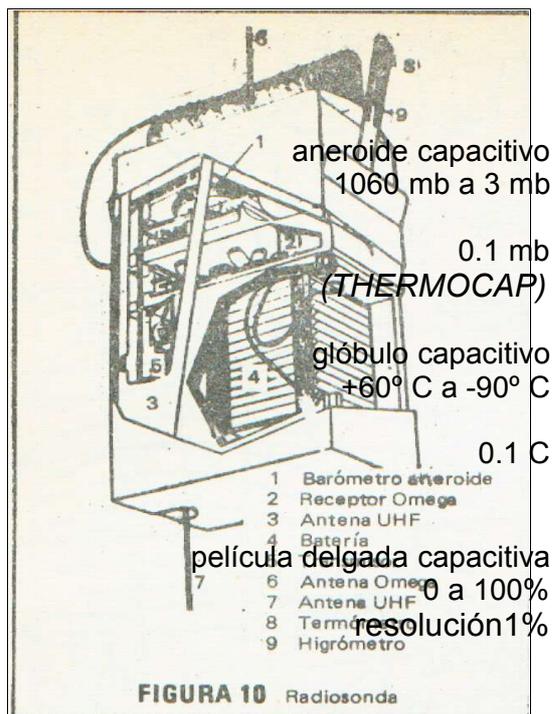
campo de medida

resolución

sensor de humedad (HUMICAP)

tipo de sensor

campo de medida



10- NUEVOS SISTEMAS DE OBSERVACIÓN EN UNA ERA DE ALTA TECNOLOGÍA

Ellos son las ESTACIONES AUTOMÁTICAS, las BOYAS ANCLADAS y A LA DERIVA, así como los SATÉLITES METEOROLÓGICOS y los RADARES. Todos estos sistemas están dotados con sensores adecuados para la observación de la atmósfera y, por ende, todos ellos aportan una valiosa contribución a la vigilancia general de la atmósfera, siendo una de sus principales ventajas su capacidad de obtener datos procedentes de zonas remotas (océanos, desiertos, montañas, etc.) en las que las observaciones convencionales son escasas o nulas. No obstante ello, no reemplazan a las observaciones convencionales sino que las complementan eficazmente.

11. LOS SATÉLITES METEOROLÓGICOS

Evolución y Aprovechamiento de los Datos

En el año 1957 fue lanzado el primer satélite artificial de la tierra. Fue entonces que los meteorólogos comprendieron, rápidamente, el extraordinario poder del satélite como vehículo de observación de la atmósfera, a escala mundial. Solo tres años después, el 1° de Abril de 1960, se lanzó el primer satélite meteorológico (el TIROS- 1) lo que marcó el comienzo de una nueva era en la Meteorología.

Desde entonces, los satélites meteorológicos se han perfeccionado, dando cada vez más información más vasta y sofisticada de distintos parámetros meteorológicos, oceanográficos e hidrológicos.

Diversos factores hacen que los datos proporcionados por satélites presenten una utilidad muy grande. Un satélite, gracias a su alejamiento de la Tierra y su amplio campo de visión, pueden suministrar, con regularidad, datos de zonas del planeta en las que se realizan pocas o ninguna observación convencional. Los satélites tienen la posibilidad de llenar el vacío de observaciones convencionales en áreas oceánicas o en zonas terrestres poco pobladas.

No obstante, la observación satelital no reemplaza a la información convencional, tomada desde la superficie del planeta, si bien la complementa magníficamente.

Las Imágenes Satelitales

La mayoría de los satélites meteorológicos obtienen *imágenes* de todo lo que se encuentra por debajo de ellos, enviando datos a tierra que pueden ser “crudos” o “elaborados”. Se usan los radiómetros, los cuales han permitido el avance en imágenes de alta resolución. Básicamente, un radiómetro es un instrumento que mide los distintos niveles de radiación. Esta puede ser *visible* (luz) o *térmica* (calor). Los valores de la radiación recibida por el satélite se transforman en niveles de brillo y se presentan en sus posiciones relativas mediante un dispositivo fotográfico o electrónico apropiado, como por ejemplo, una pantalla de T.V. Las imágenes así obtenidas son de interés y de uso inmediato para meteorólogos, hidrólogos y oceanógrafos. Estas imágenes se clasifican en *visibles* e *infrarrojas*.

Las Imágenes "Visibles"

Estas imágenes se obtienen midiendo únicamente la radiación visible, con exclusión de la radiación térmica. Corresponden casi a lo que vería el ojo humano, pero en blanco y negro (no en color). La luz que capta el satélite es la luz del sol reflejada en todo lo que está debajo del satélite. Lo que aparece más brillante en una imagen "visible" es lo que refleja con más fuerza la luz del sol hacia el vehículo espacial. En estas imágenes aparecen, generalmente, todas las nubes que hay y además, pueden aparecer las zonas cubiertas con nieve, los hielos, y las áreas desérticas. Sin la luz del sol por lo general no se pueden obtener imágenes en la banda del espectro visible, aun cuando la luz de la luna proporciona una iluminación detectable por los radiómetros de muy alta sensibilidad.

Las Imágenes en "Infrarrojo"

Estas imágenes se obtienen a partir de la radiación infrarroja emitida por los objetos (y no reflejada por ellos) hacia los cuales apunta el radiómetro. Cabe destacar que todos los objetos emiten radiación térmica o calórica, siendo ésta mayor cuanto más caliente se encuentra el objeto. Por ello es que una imagen en infrarrojo es, esencialmente, una representación de temperaturas.

Cuando las imágenes se usan en Meteorología, se tiene en cuenta que cuanto más radiación emite un cuerpo, más oscuro aparece en la imagen. Así, la cima fría de una nube aparece casi blanca, mientras que la superficie de la Tierra, mucho más caliente, aparece de color gris oscuro o incluso negra.

Las imágenes en infrarrojo no necesitan de luz solar, por lo tanto pueden obtenerse de noche y a altas latitudes, en invierno (áreas polares).

El Tipo de Imagen y su Utilidad

Las imágenes visibles y en infrarrojo brindan una contribución especial a los procesos de análisis y predicción del tiempo meteorológico. Las imágenes visibles son particularmente útiles para indicar, mediante las sombras y zonas de gran luminosidad, la textura de las nubes. Así mismo, dan indicación sobre el espesor de las nubes, mediante la regla general de que, cuanto más brillantes aparecen en la imagen, más espesas son. También las imágenes brindan información sobre la composición de las nubes, ya que las nubes de agua aparecen por lo general, más brillantes que las nubes de hielo del mismo espesor.

Las imágenes en infrarrojo tienen la característica de que pueden obtenerse tanto de día como de noche y de que las tonalidades de grises son indicadores de temperatura. Mientras que, en una imagen visible, las nubes altas y bajas aparecen prácticamente como idénticas, en la imagen infrarroja, es posible distinguir la altura relativa de las nubes, mediante la temperatura relativa de sus cimas. Por el contrario, las nieblas (capa de nubes al ras del suelo) aparecen en la imagen visible como una zona de gran brillo. En cambio, en una imagen infrarroja, serán escasamente perceptibles debido a

que la temperatura de la niebla no será muy diferente de la de la superficie circundante, no cubierta de niebla.

Otras funciones de los satélites meteorológicos

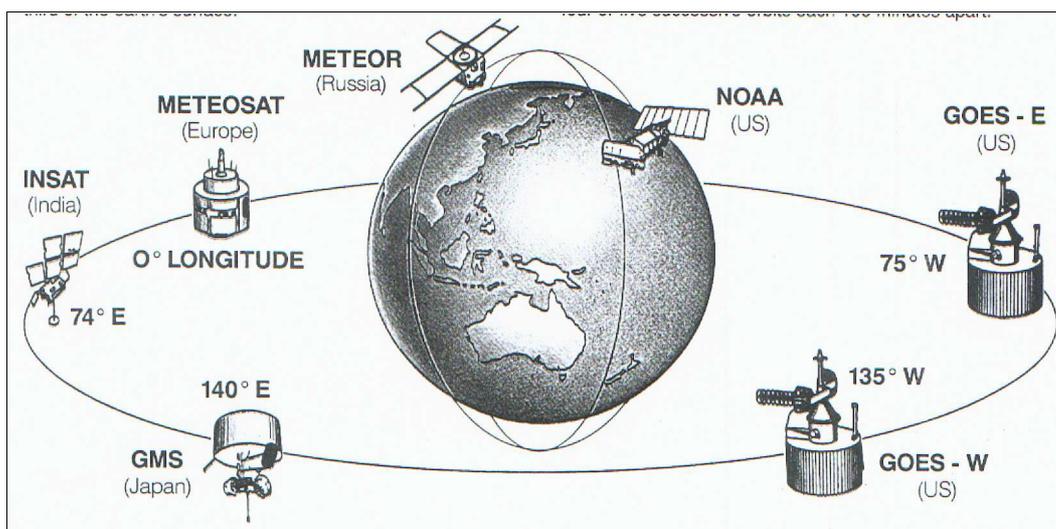
Algunos satélites efectúan, también, mediciones de la temperatura y contenido de vapor de agua existentes en los distintos niveles de la atmósfera (perfiles de temperatura y de vapor de agua). Estas mediciones son mucho menos conocidas que las imágenes fotográficas, pero son de gran utilidad en la Meteorología. Los datos se obtienen mediante una compleja labor, basada en las mediciones de la radiación térmica emitida por la propia atmósfera y, especialmente, cuando emite en forma de microondas.

Los satélites, cuando están dotados de un dispositivo de concentración de datos, pueden recibir información desde *plataformas recolectoras de datos*, las cuales pueden ser fijas o móviles y estar situadas en cualquier lugar de la superficie, del mar o de la atmósfera. La tecnología empleada permite que miles de plataformas de concentración de datos sean atendidas por un solo satélite.

Los datos recolectados por el satélite, ya sean con sus propios sensores o recolectados de las plataformas de concentración de datos, son transmitidos a tierra para su posterior procesamiento y utilización. Es interesante destacar que el satélite transmite millones de informaciones numéricas por segundo. Así mismo, la información que envía consiste no sólo en datos meteorológicos, sino también sobre el estado y funcionamiento de todos los sistemas instalados a bordo.

Los satélites de órbita polar y geoestacionarios

Los satélites meteorológicos se clasifican en dos grupos, según la órbita que describen: los *satélites de órbita polar* y los de *órbita geoestacionaria*.



Los de *órbita polar* se sitúan, por lo general, a una altitud que oscila entre 800 y 1000 km. En el curso de una órbita, pasan cerca de los dos polos, es decir, su órbita forma un ángulo cercano a 90° con el plano ecuatorial. Demoran cerca de una hora 45 minutos en dar una vuelta completa alrededor del planeta y, debido a la rotación de la

Tierra, cada órbita cruza el plano del ecuador a unos 25° de longitud más hacia el oeste que la órbita anterior. Con estos satélites, es posible observar un lugar determinado más de dos veces en 24 horas. Esto es posible gracias a que muchos instrumentos tienen una visión hacia los lados de la trayectoria del satélite, suficientemente amplia para que haya una superposición en las órbitas consecutivas.

En el satélite existen células solares que convierten la energía solar en energía eléctrica, la cual es utilizada en los instrumentos y en el equipo de abordaje. Otro instrumento que suelen llevar estos satélites, es un dispositivo de grabación de datos en cinta magnética.

Los *satélites geoestacionarios* también se denominan *geosincrónicos*. Se caracterizan por permanecer estacionarios con respecto a la Tierra, de modo tal que siempre vigilan la misma región del globo terrestre. Esto se logra poniendo en órbita al satélite sobre el ecuador geográfico, a una altura tal que pueda completar una órbita en 24 horas, coincidiendo su velocidad de rotación con la de la Tierra. Para ello es necesario una altitud de por lo menos 36.000 Km.

Un solo satélite estacionario, con la ventaja que le da su gran distancia de la Tierra, puede vigilar una zona circular que representa más de un cuarto de la superficie terrestre, no obstante, hacia los bordes de la imagen, la visión de la zona es demasiado oblicua para ser útil.

Los satélites en acción

En Meteorología, tanto de órbita polar, como los geoestacionarios presentan distintas ventajas y ambos se complementan mutuamente.

Por un lado los satélites polares proporcionan una cobertura total del planeta en 12 horas, mientras que por su lado, los geoestacionarios, si bien no cubren todo el mundo, pueden vigilar continuamente una parte importante de la Tierra.

Al presente, en Argentina, se recibe información de los dos tipos de satélites, de órbita polar y geoestacionario.

Dentro de los primeros y, por la posición de nuestro hemisferio, utilizamos dos, el NOAA 15 y el NOAA 16. El NOAA 15 es el satélite matutino que realiza dos pasadas a lo largo del día, separadas 12 horas: una cuando la tierra no ha sido calentada y el sol está muy bajo y la segunda a la noche. El NOAA 16 es el satélite denominado vespertino. Su primera pasada es durante la tarde, repitiéndose la observación 12 horas después. Estas observaciones suman cuatro a lo largo del día en función de los dos satélites que pasan a distinto horario.

Con respecto a los satélites geoestacionarios, nuestro país, utiliza actualmente el GOES 8 o GOES ESTE, ubicado aproximadamente sobre el ecuador a 70° de longitud oeste. Vigila el tiempo sobre la mitad oriental de América del Norte, la totalidad de América Central y Sur y gran parte del océano Atlántico. Es posible recepcionar una imagen cada 30 minutos de la zona de su cobertura, con resoluciones de 1 km. para el espectro visible y 4 km. para el infrarrojo. Actúa como retransmisor de los datos

recolectados por plataformas automáticas; envía periódicamente una imagen que muestra el contenido de vapor de agua de la atmósfera y proporciona datos de viento a distintos niveles de la atmósfera.

Los satélites NOAA, están dotados por radiómetros que permiten obtención de imágenes de alta resolución, los AVHRR. Barren 5 canales del espectro, entre el visible, prácticamente infrarrojo cercano, hasta en infrarrojo térmico. El AVHRR, permite la obtención de un conjunto de datos utilizados específicamente para fines meteorológicos: cobertura nubosa, temperaturas de topes de nubes etc.

El sistema que usan los satélites de tipo geoestacionarios también permiten un barrido por medio de radiómetros. La diferencia es que no es la toma instantánea de un dato, sino un barrido de norte a sur de la tierra en un periodo de 18 minutos que luego es transmitido a tierra.

Cabe destacar que la expectativa de vida de los satélites es de 5 años aproximadamente. Los avances tecnológicos o fallas que puedan presentar llevan a su reemplazo.

Otro satélites que funcionan a nivel mundial y que Argentina, por su posición, no los utiliza por encontrarse en otro hemisferio son los de la serie METEOR-2 (Rusia) (órbita polar).

Los satélites soviéticos METEOR-2 comenzaron a funcionar a mediados de la década del 70. Su misión básica es la obtención de imágenes visibles y en infrarrojo, aunque también efectúan sondeos de temperatura.

Entre los geoestacionarios, se encuentran operando, entre otros, el METEOSAT-6 ubicado a 0° de latitud y 0° de longitud; el INDSAT de origen indú, el GOMS perteneciente a Rusia, el GMS de Japón y el FY-2 de la China.

A partir del año 2005, se prevé el lanzamiento de una nueva serie de satélites: la METOP 1 . Se trata de la primera serie de satélites operativos europeos de órbita polar, provistos de equipos más completos y mejorados con algunos laboratorios, operados por el Centro Espacial Europeo EUMETSAT y que probablemente reemplacen a los NOAA en la órbita matutina.

Formas de transmisión de imágenes satelitales

Los sistemas satelitales pueden contar con dos formas de transmisión. El sistema APT, que transmite imágenes de baja resolución y el HRPT (o APT-AR) en alta resolución. Para el caso de satélites que cuentan con un sistema APT, pueden transmitir a las estaciones en tierra en 18 minutos unos tres Megabytes de información en dos canales del espectro, el infrarrojo cercano y el térmico. Con un sistema HRPT, en 18 minutos, es posible la recepción en 5 canales del espectro de unos 115 Megabytes de información.

Algunas de las capacidades del sistema HRPT son las siguientes:

Corrección de la imagen por curvatura de la Tierra.
Eliminación de errores de recepción.
Grillado.
Mapeo.
Sectorización.
Cálculos estadísticos.
Tratamiento en falso color. (32 colores).
Animación de imágenes (es posible grabar en la memoria una secuencia de hasta 10 imágenes y proyectarlas a través del monitor, a una velocidad tal que les provee animación).
Operación con imágenes (suma, resta, multiplicación, de imágenes entre sí o con un cierto valor constante).
Adición de textos.

De baja resolución pueden transmitirse dos formas: WEFAX y la nombrada APT. La diferencia es que la primera se trata de imágenes ya procesadas en Estados Unidos y reenviadas a los satélites que pueden presentar grillas, coordenadas, contornos políticos y letras escritas. En el caso del APT, lo que se obtiene es un dato "crudo".

En el Observatorio Central de Buenos Aires, funciona desde el año 1983, la estación receptora de Información Satelital en Alta Resolución HRPT. Aquí es posible obtener y procesar imágenes satelitales con resoluciones del orden de 1 km. para el espectro visible y de 1 a 8 km. para el infrarrojo, además de recibir datos básicos provenientes de plataformas automáticas de recolección de datos.

La estación de recepción de imágenes de alta resolución se encuentra funcionando en Villa Ortúzar (Capital Federal), de baja resolución existen 17 estaciones en todo el país en los aeropuertos principales.

Los continuos y recientes requerimientos de información confiable en tiempo útil sobre la situación meteorológica regional, así como los diferentes impactos que de ella derivan, evidencian la necesidad de contar con instrumental capaz de brindar, con el máximo detalle, esas descripciones.

Aplicación de los satélites

a) imágenes de baja resolución

Análisis del tiempo y pronóstico a corto plazo.

b) imágenes de alta resolución

1. Temperatura del agua de mar. Permite analizar las variaciones climáticas y sus vinculaciones con el cambio global. En Argentina se obtiene un mosaico cada cinco días de todo el litoral, desde Tierra del Fuego hasta Uruguay.
2. Índices de vegetación normalizados.
3. Vigilancia y monitoreo de todos los volcanes. En el mundo se han repartido zonas de vigilancia volcánica en función de las estaciones satelitales. La estación de Argentina se ocupa de los volcanes de la Cordillera y se encarga de la advertencia de nubosidades de ceniza volcánica para el área. Se monitorea alrededor de 100 volcanes.

4. Detección de incendios forestales.
5. Seguimiento del avance de aguas de inundación.
6. Contaminación de los ríos; sedimentación de los mismos y su distribución.
7. Seguimiento de témpanos a la deriva.
8. Estimación de las precipitaciones en un lugar determinado, gracias a la presencia nubosa.
9. Perfiles verticales de temperatura.

Estas aplicaciones pueden clasificarse también según que el análisis sea en tiempo real o en tiempo diferido:

Análisis en tiempo real:

1. Determinación de las temperaturas en cuerpos de agua o tierra.
2. Determinación de impactos meteorológicos (zonas inundadas, áreas nevadas, estado de los caminos, y pasos cordilleranos, etc.)
3. Determinación de impactos antropogénicos (áreas sembradas o deforestadas, desertificación, incendios forestales, etc.)
4. Oceanografía (corrientes oceánicas, seguimiento de témpanos a la deriva en mares australes, zonas de pesca, etc.)

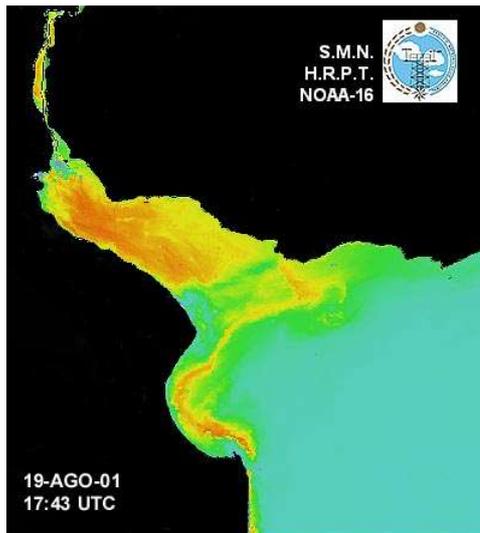
Análisis en tiempo diferido:

1. Elaboración de estadísticas gráficas.
2. Aporte al pronóstico de cosechas (delimitación de las áreas sembradas, estado de las cosechas, etc.)
3. Vigilancia ambiental (contaminación urbana, contaminación en aguas de ríos, seguimiento de manchas de petróleo ocasionadas por siniestros marinos, etc.)
4. Modificación artificial del tiempo (detección de nubes graniceras, etc.)

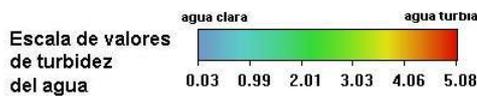
Para el seguimiento de un fenómeno es importante contar con imágenes de diferente frecuencia de obtención. Es decir, con el GOES, pueden obtenerse cuatro imágenes diarias que permiten una respuesta temporal adecuada para el seguimiento de una emergencia aunque de una resolución de varios kilómetros. Por otro lado, satélites como los de recursos naturales permiten obtener imágenes con mayor detalle pero con una frecuencia mucho menor (16 días).

Otros satélites de investigación

Los satélites denominados "de investigación", están concebidos para que investiguen determinadas propiedades de la atmósfera, los océanos o el medio ambiente. Entre los más conocidos figuran: los NIMBUS, el SEASAT (destinado al estudio de los océanos) y el LANDSAT y SPOT (consagrados al estudio de los recursos terrestres); ERS 1 que obtiene imágenes de radar.



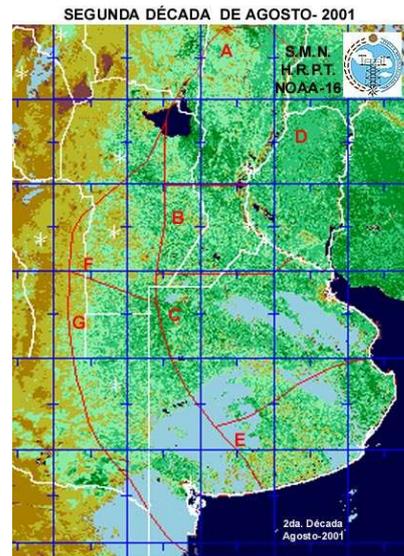
PROCESADO EN LA ESTACIÓN RECEPTORA DE INFORMACIÓN SATELITAL EN ALTA RESOLUCIÓN



RUTAS ASFALTADAS

PROCESADO EN LA ESTACION RECEPTORA SATELITAL EN ALTA RESOLUCION

Imagen composición en tres bandas, correspondiente al canal visible, y al canal infrarrojo cercano del espectro electromagnético. En la misma se puede observar en color blanco la cobertura nival en la Cordillera de los Andes.



MAPA NORMALIZADO DE VEGETACIÓN

VEGET. DEBIL Y ESCASA VEGET. DENSA Y VIGOROSA

0.80 1.06 1.20 1.33 1.46 1.60 2.00

ESCALA DE 0.8 A 2

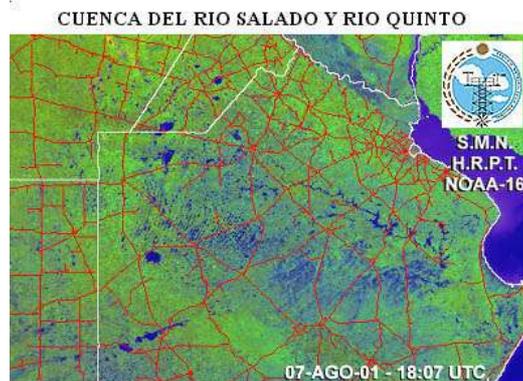
REGIONES DE PROGRESO

A Región I D Región III F Region V Norte

B Región II Norte E Región IV G Region V Sur

C Región II Sur

PROCESADO EN LA ESTACIÓN RECEPTORA SATELITAL EN ALTA RESOLUCIÓN



Rutas asfaltadas

PROCESADO EN LA ESTACION RECEPTORA SATELITAL EN ALTA RESOLUCION

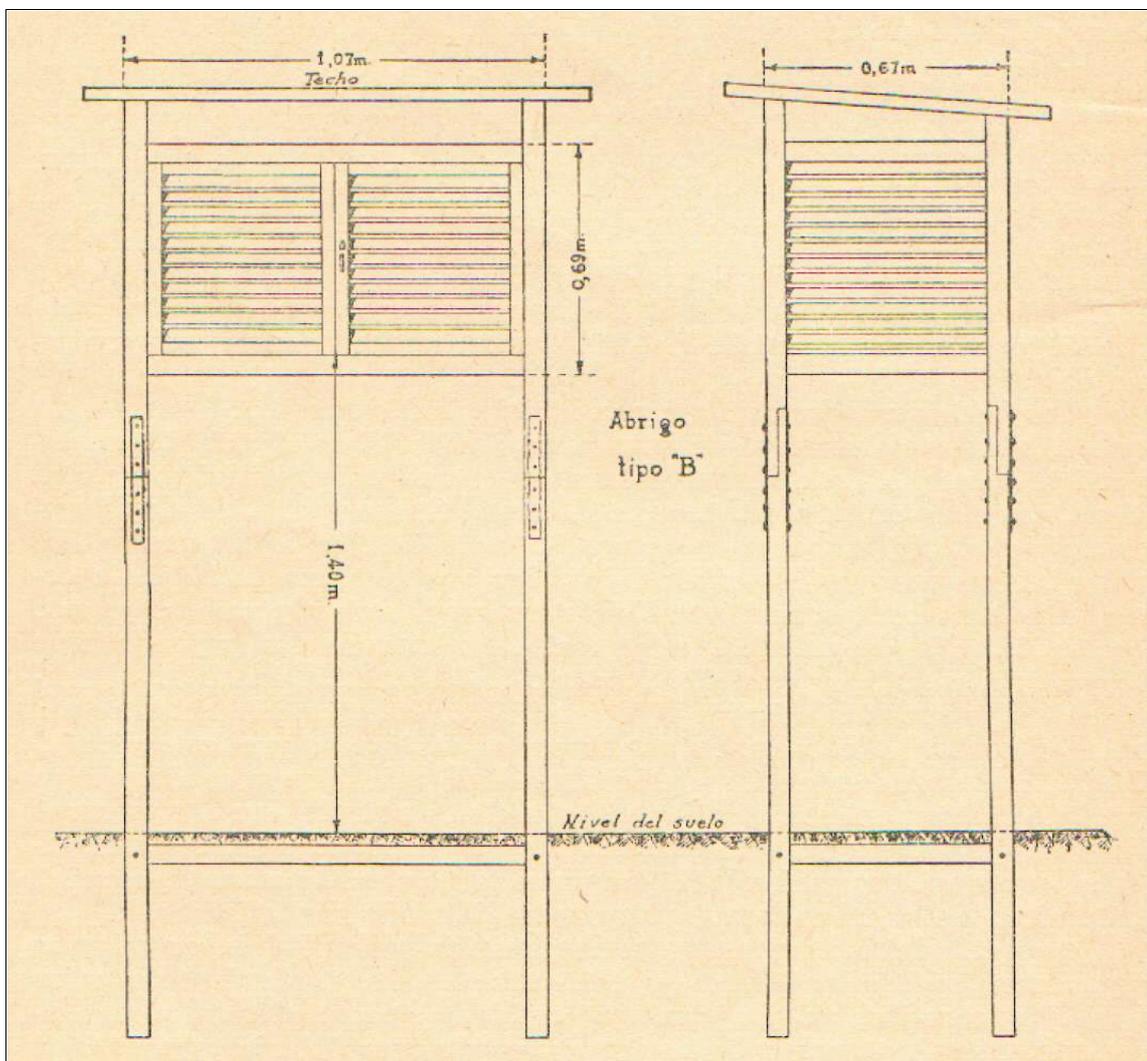
Imagen composición color en tres bandas, correspondiente a las bandas visible, infrarrojo cercano e infrarrojo medio, del satélite NOAA-16. En la misma se puede observar en color azul brillante los ríos, lagunas y áreas anegadas. Los tonos de azul menos intensos corresponden a aquellas con distintos niveles de humedad del suelo.

LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA Y LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

EL CAMPO DE OBSERVACIÓN

Todos los instrumentos observacionales van colocados en el CAMPO DE OBSERVACIÓN (un predio llano, cubierto de césped, de 9 m X 6 m), con excepción del barómetro y/o barógrafo que van ubicados en la oficina del Observador meteorológico. Algunos instrumentos están colocados a la intemperie (pluviómetro, anemómetro, heliofanógrafo); otros, en cambio, van colocados en el interior de una

casilla de madera, denominada ABRIGO METEOROLÓGICO. Tal es el caso de los termómetros, psicrómetro, higrógrafo y termógrafo. Esta casilla debe estar pintada de blanco, orientada hacia el sur y su diseño debe asegurar una excelente ventilación del instrumental ubicado en su interior.



MEDICIÓN Y REGISTRO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Existen diferentes instrumentos para medirla. El más antiguo es el barómetro de mercurio, basado en la experiencia de Torricelli. El BARÓMETRO DE MERCURIO TIPO FORTÍN (Figura 1) consta de dos partes principales: el tubo barométrico y la cubeta (Figura 2). La cubeta posee un fondo móvil para poder calibrar el mercurio con el cero de la escala, indicado por una punta de marfil. Todo el conjunto está protegido por una camisa metálica. Como es sabido según la experiencia de Torricelli, al sumergir verticalmente el tubo de vidrio de aproximadamente 1 m de altura con mercurio dentro de la cubeta, el líquido desciende hasta que en determinado punto se estabiliza. Es decir que el mercurio del tubo tiende a descender por gravedad mientras que el contenido en la cubeta tiende a ascender por el tubo debido a la presión que ejerce la atmósfera sobre su superficie. Las fuerzas se equilibran cuando el mercurio del tubo alcanza una altura de 760 mm (al nivel del mar). El barómetro tiene una escala graduada en mm a ambos lados del tubo y un cursor que se mueve para ajustarse a la altura de la columna de mercurio, permitiendo así una lectura en décimas de mm. Es decir que la unidad de presión que se utiliza con este barómetro es el *milímetro de mercurio*.

Si bien la presión atmosférica puede expresarse en distintas unidades, la usada actualmente en nuestro país para informar de la presión es el *hectoPascal (hPa)*, que es un múltiplo del Pascal (Pa). 1 Pa representa 1000 newton/m² (recordemos que la presión es fuerza por unidad de superficie).

El valor promedio de la presión a nivel del mar es de 1013.3 hPa (es decir, 760 mm de Hg)

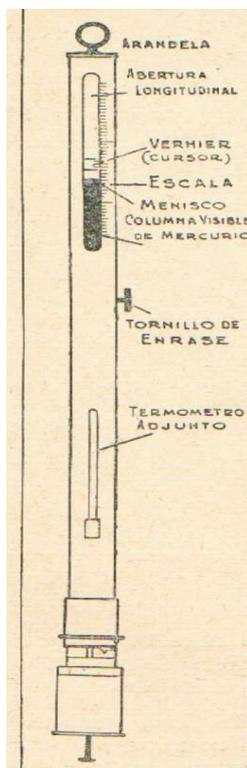


FIG. 1 - Barómetro de mercurio tipo FORTIN

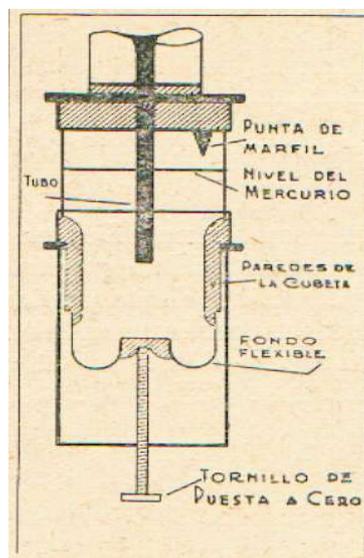


FIG. 2 - Detalle de la cubeta del barómetro tipo FORTIN

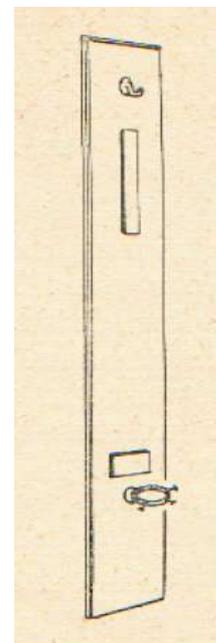


FIG. 3 - Tabla de soporte del barómetro de mercurio

Los valores que proporciona el Barómetro de Fortín deben ser corregidos para eliminar los defectos causados por la dilatación del mercurio, según la temperatura y la gravedad del lugar. Por su tamaño, no es apto para su transporte en viajes, razón por la cual ocasionalmente es reemplazado por el ANEROIDE COMPENSADO, instrumento metálico que no exige correcciones (Figuras 4 y 5). El barómetro anerode se basa en la ley de Hooke, que establece que un cuerpo sometido a una fuerza experimenta una deformación proporcional a ella.

El BARÓGRAFO es el instrumento utilizado para obtener un registro continuo de la presión y permite, por lo tanto, el conocimiento de sus variaciones a lo largo del día (Figuras 6 y 7). Consta de varias cápsulas aneroides (para amplificar el movimiento) y un juego de palancas que transmiten sus movimientos activando una pluma que escribe en una faja registradora. Esta última se encuentra sobre un tambor giratorio accionado por un mecanismo de relojería.

Tanto barómetros como barógrafos deben ser colocados, en general, en una habitación donde los cambios de temperatura sean lo más pequeños posible y donde les llegue abundante luz natural, aunque resguardados de los rayos directos del sol.

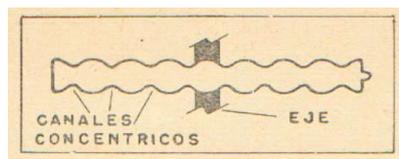


FIG. 4 - Cápsula anerode

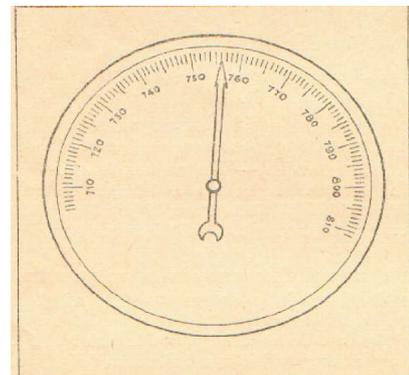


FIG. 5 - Barómetro anerode

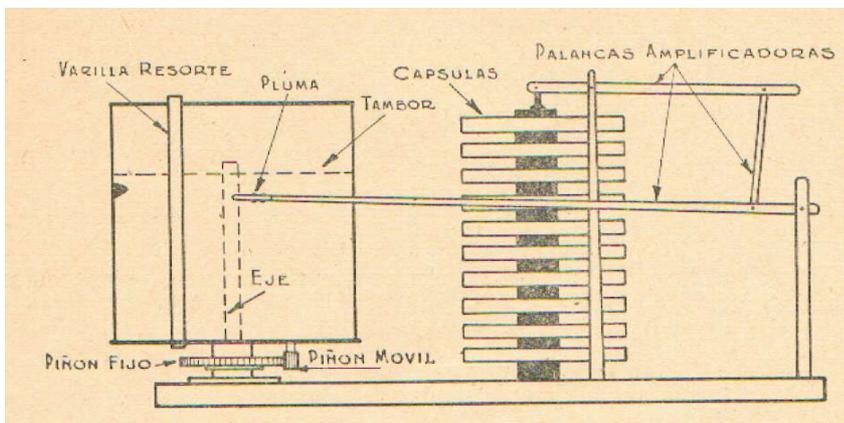
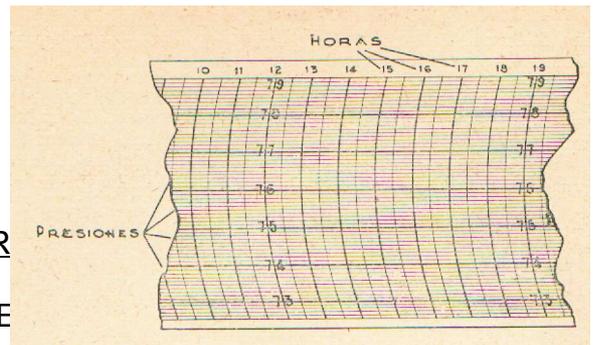


FIG. 6 - Barógrafo Anerode

FIG. 7 - Faja de registro del barógrafo aneroide



MEDICIÓN Y REGISTRO DE LA TEMPERATURA

La temperatura del aire se mide con TERMOMETRO. El último permite medir temperaturas inferiores a -40°C , a las que el mercurio se congela. Existen tres tipos de termómetros para medir la temperatura del aire: el *termómetro de bulbo seco* (o termómetro común), el de *máxima* y el de *mínima*. Todos se ubican dentro del abrigo meteorológico en un soporte, los de máxima y mínima en forma casi horizontal y el común en forma vertical.

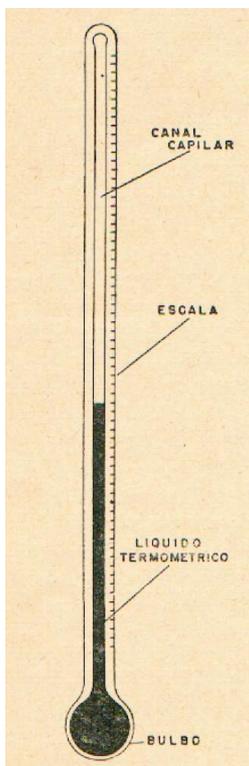


FIG. 8 - Termómetro de mercurio

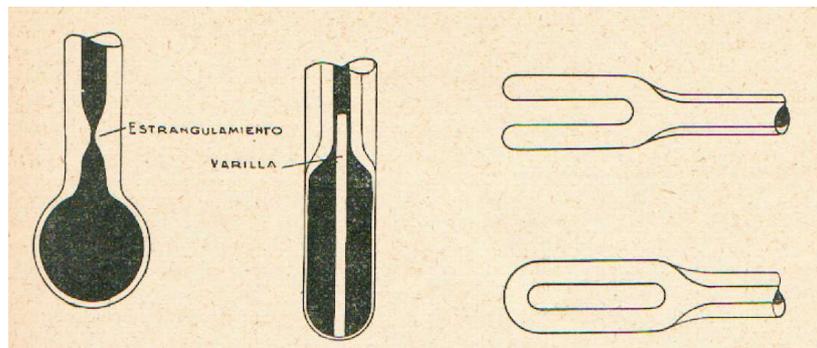


FIG. 9 - Bulbos de los termómetros de máxima

FIG. 10 - Formas de bulbos de los termómetros de mínima

El TERMOGRAFO es un instrumento registrador que traza automáticamente, con una pluma, sobre un papel calibrado, un registro continuo de los cambios de temperatura. El papel está colocado sobre un tambor giratorio que rota mediante un mecanismo de relojería. Los hay de dos tipos: los de líquido y los bimetálicos.

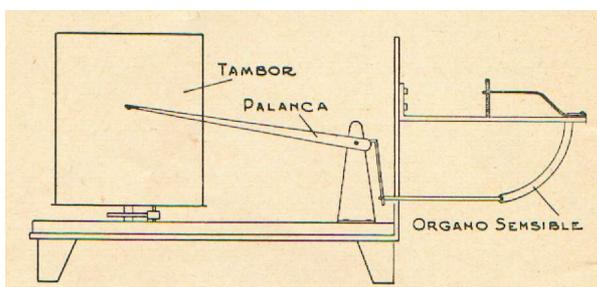


FIG. 11 - Termógrafo de líquido

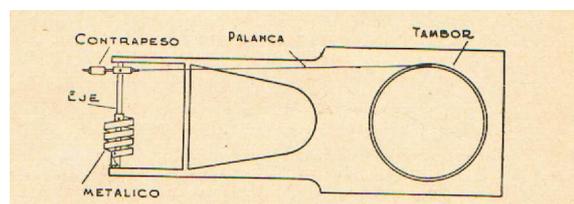


FIG. 12 - Termógrafo bimetálico

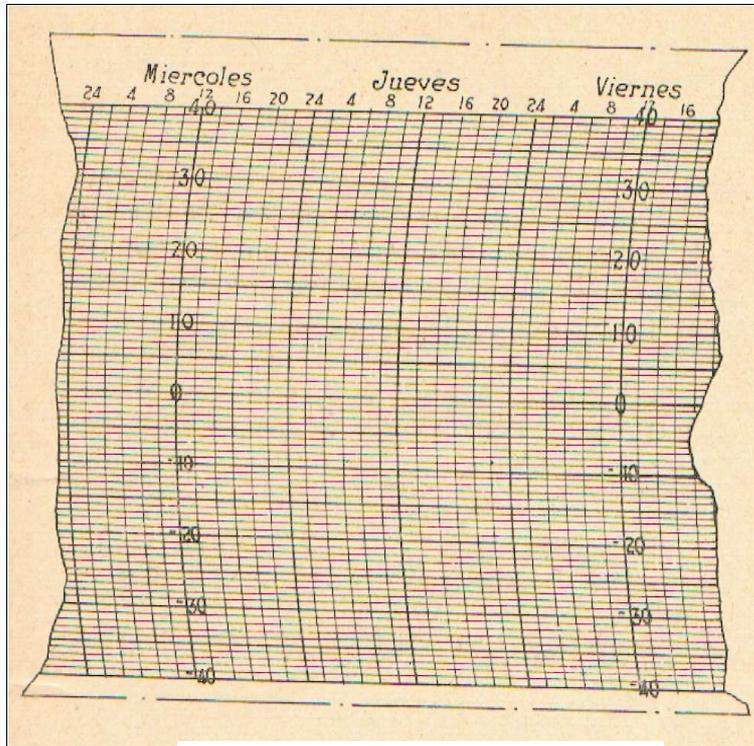


FIG. 13 - Faja de registro del termómetro

En nuestro país la temperatura se informa en *grados Celsius*, sin embargo existen otras escalas de temperatura, como la de Farenheit y la de Kelvin.

Escala	Unidad	Punto de Solidificación del agua	Punto de ebullición del agua
Celsius	°C	0	100
Farenheit	°F	32	212
Kelvin	°K	273	373

Fórmulas de conversión entre escalas:

$$^{\circ}\text{C}/100 = (^{\circ}\text{F} - 32) / 180$$

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

MEDICIÓN Y REGISTRO DE LA HUMEDAD

El término “humedad” hace referencia a la cantidad de vapor de agua contenido en la atmósfera. Puede expresarse en forma absoluta o relativa. Una medida de humedad absoluta es la TENSIÓN DE VAPOR (e), que se define como la parte de la presión barométrica total debida al vapor de agua. Se expresa en hectoPascuales. La tensión de vapor depende directamente del contenido de vapor del aire y por ello, para cada temperatura, existe un valor máximo de dicha tensión que se llama TENSIÓN DE VAPOR DE SATURACIÓN (e_s).

Si se establece una relación porcentual entre el contenido real de humedad (expresado como tensión de vapor) y el contenido máximo de humedad admisible a esa temperatura, se está ante otra forma de expresar el grado de humedad de atmósfera que se denomina HUMEDAD RELATIVA.

$$HR = e / e_s \times 100$$

Es decir que la humedad relativa es el cociente entre la tensión de vapor real (e) y ya tensión de vapor de saturación (e_s) expresado en porcentaje.

La HUMEDAD RELATIVA se mide por medio de HIGRÓMETROS, el más común de los cuales es el HIGRÓMETRO CAPILAR. Sin embargo, el instrumento más usado en la red de observación es el HIGRÓGRAFO CAPILAR, cuyo elemento sensible también es un haz de cabellos humanos pero tiene la capacidad de registrar, en forma continua, las variaciones de la humedad relativa a lo largo del día.

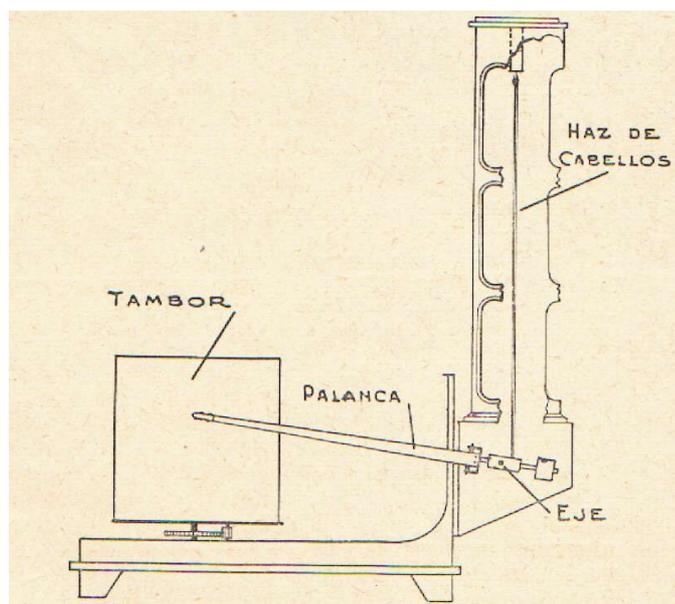


FIG. 14 - Higrógrafo capilar

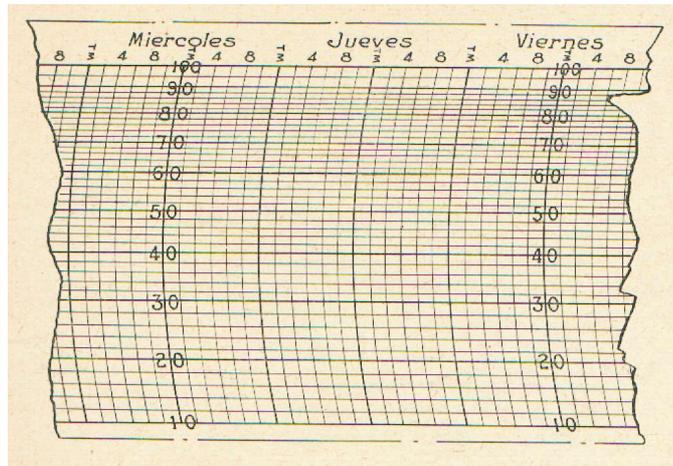


FIG. 15 - Registro de un higrógrafo

Otro instrumento que permite el **cálculo** de la humedad relativa y de otros parámetros de humedad, es el PSICRÓMETRO SIN VENTILACIÓN ARTIFICIAL. El mismo está formado por un par de termómetros: uno común (o de "bulbo seco") y otro cuyo bulbo está recubierto por una muselina humedecida por agua destilada (o de "bulbo húmedo"). En función de la diferencia de temperaturas entre ambos termómetros, y mediante el uso de tablas, se obtienen los valores de la *tensión de vapor*, el *punto de rocío* (temperatura a la que se debe enfriar una masa de aire manteniendo constante la presión y la humedad, para alcanzar la saturación) y la *humedad relativa*. También existen modelos que garantizan para ambos termómetros una ventilación fija (PSICRÓMETROS CON VENTILACIÓN ARTIFICIAL) o cuasi-fija (PSICRÓMETROS DE HONDA O FRONDA).

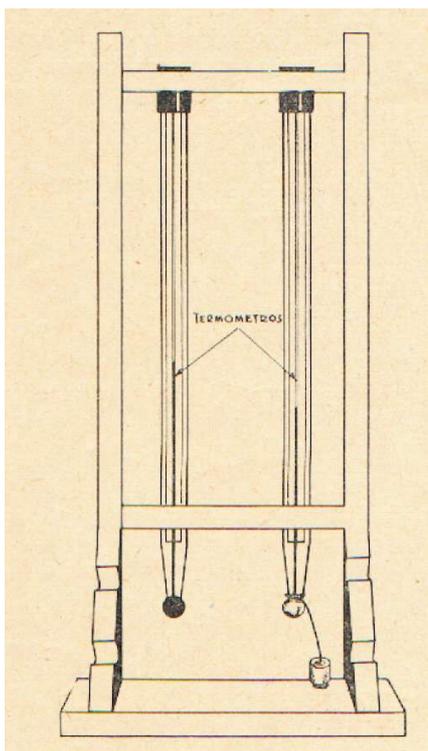


FIG. 16 - Psicrómetro sin ventilación artificial

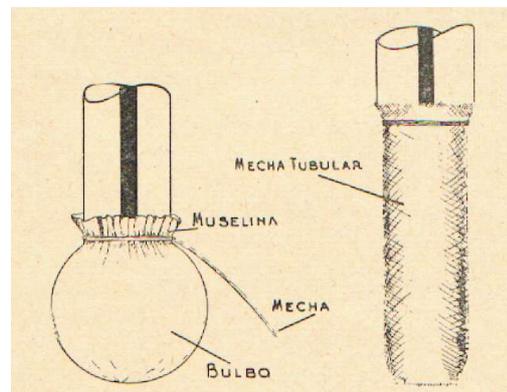


FIG. 17 - Detalles de los bulbos húmedos de los psicrómetros sin y con ventilación artificial

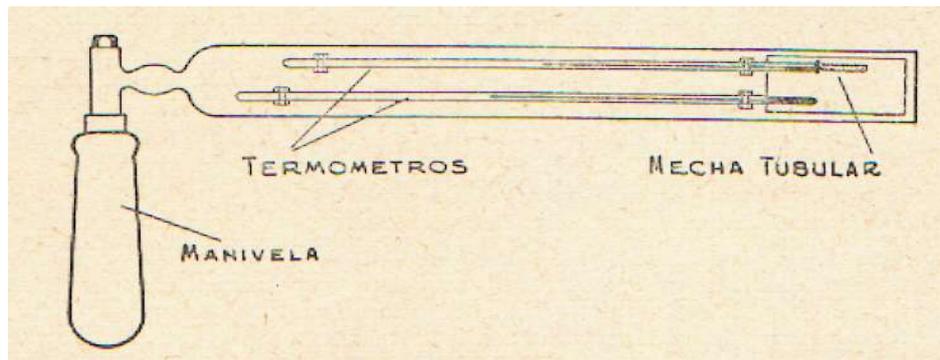


FIG. 18 - Psicrómetro de honda o fronda

MEDICIÓN Y REGISTRO DE LA PRECIPITACIÓN

Para la medición de las precipitaciones se emplea el PLUVIÓMETRO. Éste consta de un cilindro metálico cubierto en su parte superior por un embudo movible. Se coloca al aire libre, con su boca a una altura de 1.5 metros del suelo. La función del embudo es verter el agua del cilindro al colector interno y, a su vez, evitar la evaporación del agua. La medida del agua precipitada se obtiene luego de volcar el agua del colector en una probeta graduada en *milímetros* que se guarda en la oficina del Observador.

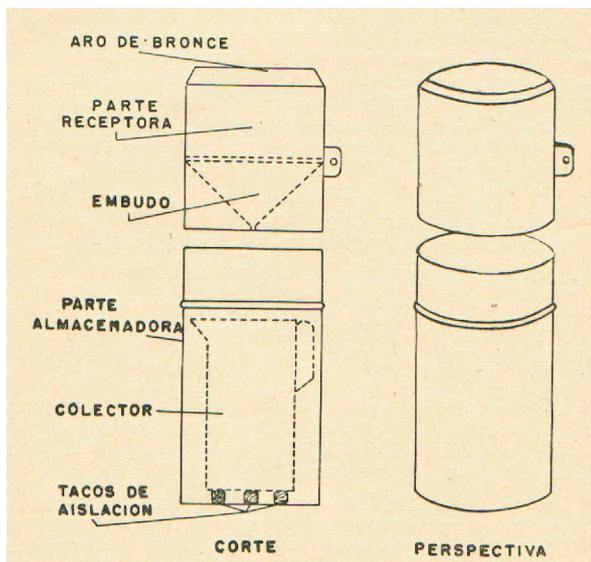


FIG. 19 - Pluviómetro

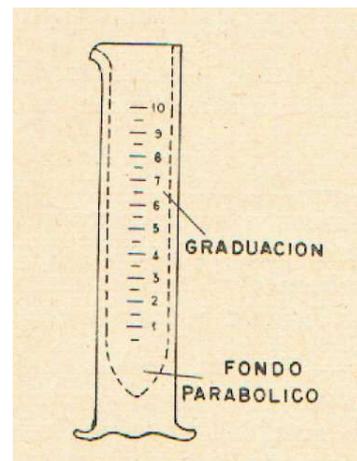
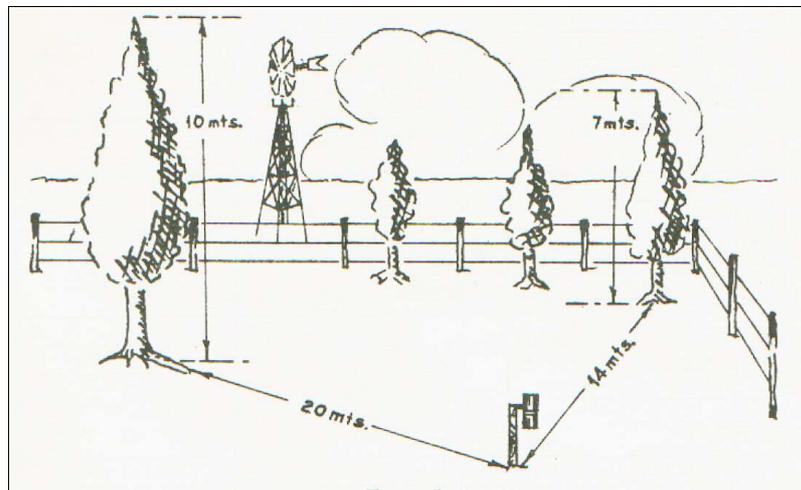


FIG.20 - Probeta

En el campo de observación, el pluviómetro tiene que estar colocado a una distancia de cualquier obstáculo igual al doble de la altura de este último.



En el caso de la nieve, ésta primero debe ser licuada y luego medida. Se utiliza el NIVOMETRO. En el caso de que el lugar sea inaccesible (por ejemplo, en cordillera)

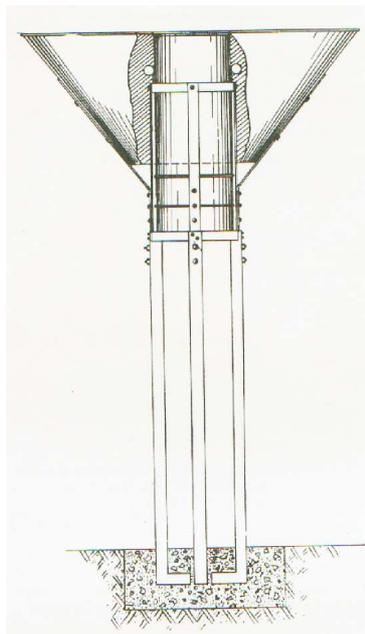


FIG. 21 - Nivómetro con protector Nipher

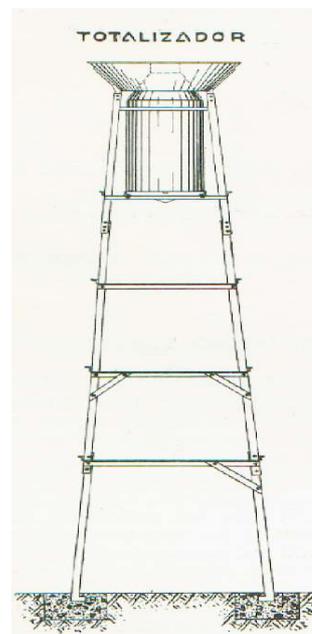


FIG. 22 - Totalizador de nieve con protector Nipher

se usan TOTALIZADORES que se retiran una vez por año.

Para un registro continuo de la precipitación se utilizan los PLUVIÓGRAFOS. Estos no sólo indican la cantidad total de lluvia caída sino también la *intensidad* de la precipitación (mm caídos por unidad de tiempo). En el pluviógrafo, el agua caída pasa

a un recipiente mayor que posee un flotador. Este último está unido a una pluma que escribe sobre la faja registradora.

MEDICIÓN Y REGISTRO DEL VIENTO

La *dirección del viento* se determina mediante una VELETA. Este elemento está constituido por una pieza metálica que rota sobre un eje vertical. En su base se fija una rosa de los vientos de radios iguales y orientados con exactitud. El radio sobre el que se detiene la pieza móvil señala la dirección del viento.

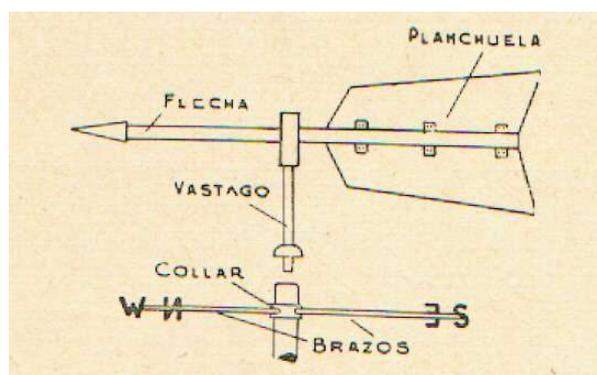


FIG.23 - Veleta

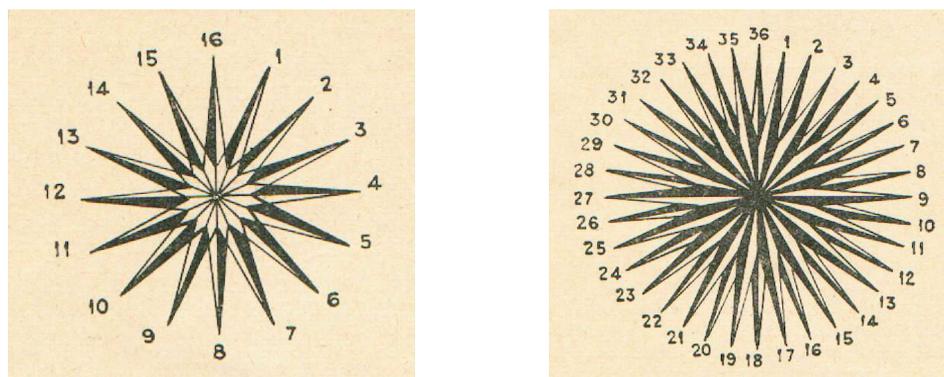


FIG. 24 - Rosa de los vientos de 16 rumbos y de 36 rumbos, respectivamente.

La *velocidad del viento* se determina por medio del ANEMOMETRO. Los más comúnmente utilizados son el de eje vertical, con rotor de tres coperolas, y el de eje horizontal accionado por medio de una hélice. El primero consta de un molinete de cuatro brazos colocado sobre un eje vertical móvil; cada brazo tiene en su extremo una copa hemisférica. El molinete se mueve al empuje del viento. La cantidad de giros permite calcular la velocidad por medio de un mecanismo que hace que cada 25 giros de las copas suene una chicharra, midiéndose el intervalo entre dos chicharras con un cronómetro. Una versión más precaria de anemómetro es la ANEMOVELETA PENDULAR la cual puede apreciarse en la Figura 26. La escala sobre la cual se lee la intensidad del viento está expresada en números de la escala Beaufort. Esta escala de velocidades del viento, calculada en función de los efectos del vientos, es utilizada sólo en aquellos casos donde no es posible hacer una medición con instrumental y lleva el nombre de su creador. En la Tabla 1 figura la equivalencia entre los números

de la escala Beaufort y la velocidad del viento expresada en *nudos*, *metros por segundo*, *kilómetros por horas* y *millas por horas*.

El instrumental destinado a la medición del viento en superficie debe instalarse en una torre a unos 10 metros de altura para evitar el efecto de los posibles obstáculos ubicados en las inmediaciones de la misma.

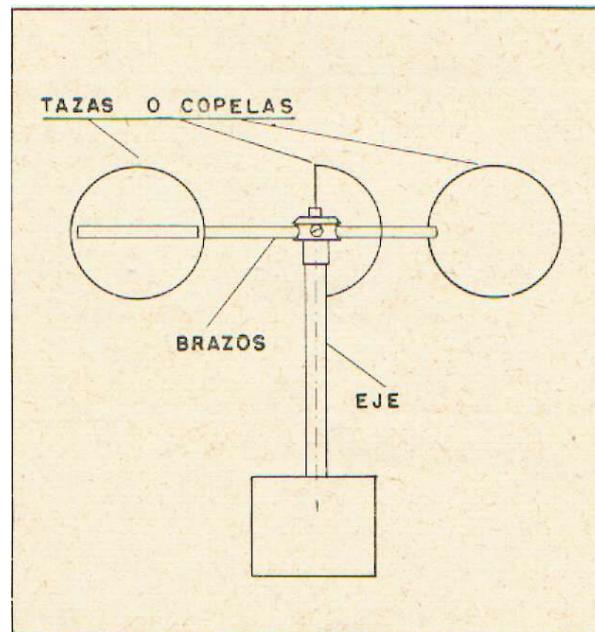


FIG. 25 - Anemómetro a rotación

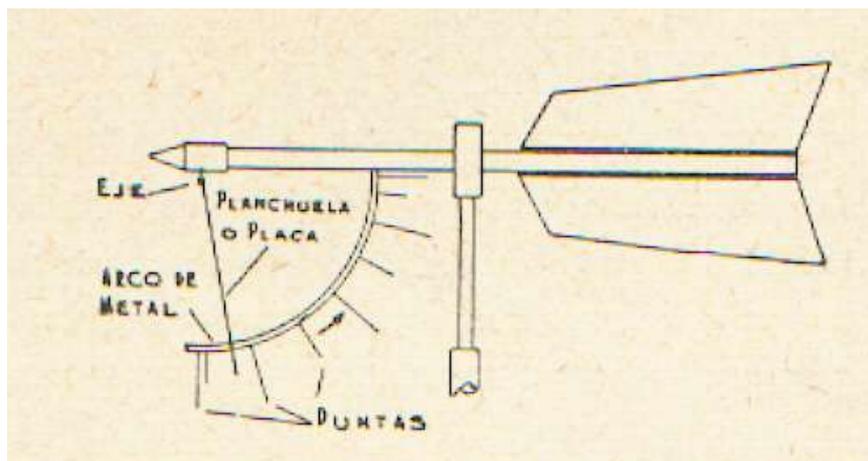


FIG. 26 - Anemoveleta pendular

ESCALA BEAUFORT

Número de Beaufort	Descripción	Velocidad equivalente del viento a una altura standard de 10 m sobre el suelo plano				Especificaciones para estimar la velocidad del viento sobre el suelo terrestre
		Nudos	m/s	Km/h	Millas/h	
0	Calma	<1	0-0.2	<1	<1	El humo sube verticalmente
1	Ventolina	1 a 3	0.3-1.5	1 a 5	1 a 3	La dirección del viento la indica el desplazamiento del humo aunque aún no es acusado por la veleta
2	Brisa suave	4 a 6	1.6-3.3	6 a 11	4 a 7	La acción del viento se percibe la cara; al susurrar hojas de plantas; veletas comunes se mueven
3	Brisa leve	7 a 10	3.4-5.4	12 a 19	8 a 12	Hojas y pequeñas ramas de las plantas están moviéndose continuamente; el viento extiende las banderas hechas de tejido suave
4	Brisa moderada	11 a 16	5.5-7.9	20 a 28	13 a 18	Se levantan el polvo y los papeles sueltos; las pequeñas ramas de árboles se mueven
5	Viento refrescante	17 a 21	8.0-10.7	29 a 38	19 a 24	En árboles pequeños el ramaje comienza a mecerse y se forman pequeñas crestas en las ondas de aguas acumuladas en los estanques y lagunas
6	Viento fuerte	22 a 27	10.8-13.8	39 a 49	25 a 31	Se mueven las ramas grandes de los árboles; se oye el silbido que el viento provoca en los cables de telégrafo; los paraguas se utilizan con dificultad
7	Viento muy fuerte	28 a 33	13.9-17.1	50 a 51	32 a 38	Las copas de los árboles se mueven totalmente, se siente dificultad en la marcha personal contra el viento
8	Temporal	34 a 40	17.2-20.7	62 a 74	39 a 46	Se rompen las ramitas de los árboles, generalmente impide el avance de marcha personal
9	Temporal fuerte	41 a 47	20.8-24.4	75 a 88	47 a 54	Ocurren pequeños daños en las estructuras edificios (son arrancados los sombreretes de los edificios, tejas de los techos)
10	Temporal muy fuerte	48 a 65	24.5-28.4	89 a 102	55 a 63	Raramente se experimentan en tierras adentro, se ven árboles con raíces arrancadas del suelo, ocurren daños estructurales considerables
11	Tempestad	56 a 63	28.5-32.6	103 a 117	64 a 72	Se experimenta muy raras veces, ocasiona daños generales por doquier
12	Huracán	64 y en aumento	32.7 y en aumento	118 y en aumento	73 y en aumento	Sin especificación

MEDICIÓN Y REGISTRO DE LA HELIOFANIA

La medición de las horas con brillo solar se realiza mediante el uso del HELIOFANÓGRAFO. Este instrumento consiste en una esfera de cristal que, ante los rayos solares, actúa como una lente "lupa" y permite el quemado de una faja de papel graduada en horas y minutos, que es cambiada diariamente. Este tipo de heliofanógrafos no puede ser usado en latitudes altas donde el sol es débil y se eleva poco sobre el horizonte.

