

Con el apoyo de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Formación técnica profesional



Comisión Episcopal de Educación

La agroclimatología en el Altiplano



Centro de Educación Técnica, Humanística y Agropecuaria
"CETHA Caracollo"

Esta publicación se realizó con el apoyo de la Cooperación Suiza en Bolivia.

Cooperación Suiza en Bolivia

Formación técnica profesional

Proyecto Formación técnica profesional

Av. Mariscal Santa Cruz N° 2150

Edificio esperanza Piso 10 Of. 5

Telf. (591 -2) 2358400

Fax (591 -2) 2312868

www.formaciontecnicabolivia.org

COMISIÓN EPISCOPAL DE EDUCACIÓN:

DIRECCIÓN CEE - Formación técnica profesional

Limbert Ayarde Velasco

COORDINACIÓN CEE - Formación técnica profesional

David Simón Coaquira Siñani

Lic. Judith Céspedes Olivera

Directora del Centro de Educación Técnica, Humanística y Agropecuaria

CETHA Caracollo

Zona: Villa Puente, Cruce Panamericano.

COMPILACIÓN:

Prof. Dionicio Guarayo Coria

Tec. María Elizabeth Aguilar Escalera

REVISIÓN:

Iván Mirko Unzueta Lafuente, Jaime Tapia Portugal

FOTOGRAFÍAS

Proyecto Formación técnica profesional de la CEE

EDICIÓN Y CORRECCIÓN DE ESTILO

Ximena Escobar Quispe

DISEÑO & DIAGRAMACIÓN

CREAIMAG - J. Edwin H. Coronado

DEPÓSITO LEGAL:

4-1-1696-17

Se autoriza la reproducción total o parcial de este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

Impreso en La Paz - Bolivia

2017

Con el apoyo de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

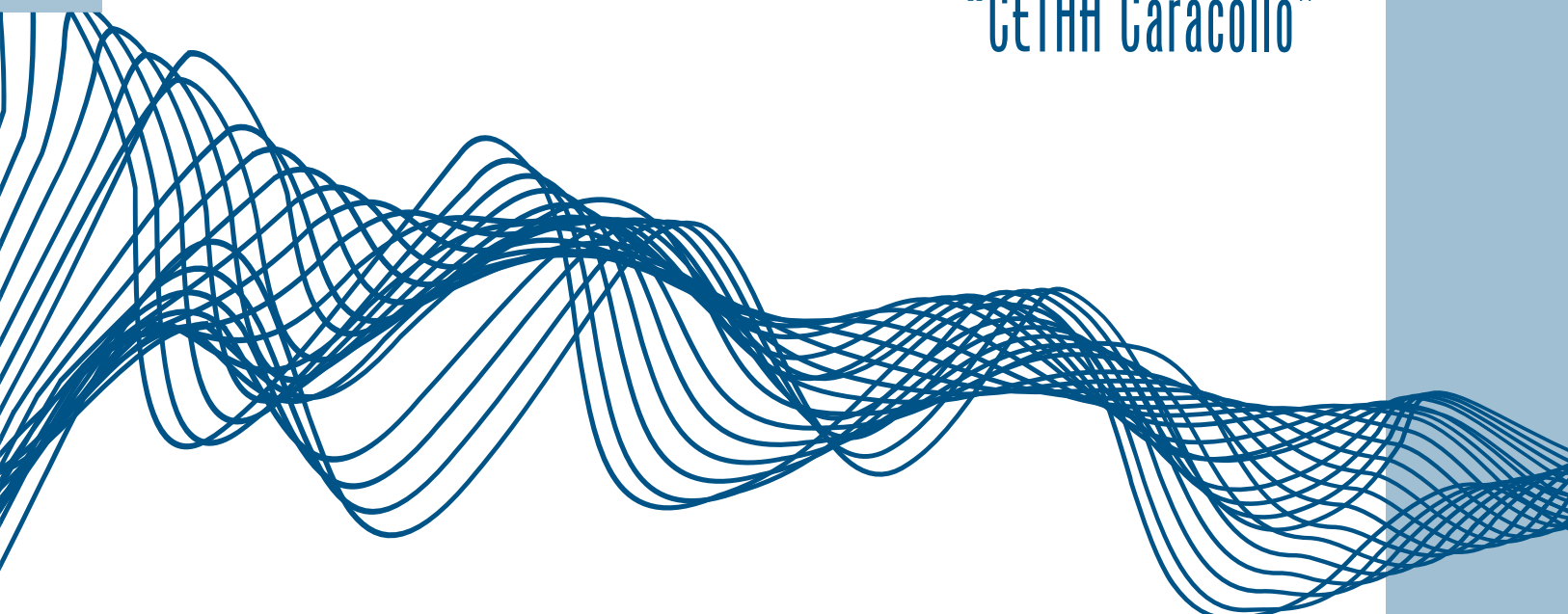
Formación técnica profesional



Comisión Episcopal de Educación

La agroclimatología en el Altiplano

Centro de Educación Técnica, Humanística y Agropecuaria
"CETHA Caracollo"



Índice

PRESENTACIÓN	5
INTRODUCCIÓN	7
TEMA 1:	11
¿Debemos tomar en cuenta el clima en la producción?	13
1.1. Introducción	13
1.2. La agropecuaria: vital para el desarrollo de un país	16
1.3. Factores determinantes en la producción	17
1.4. Agroclimatología	18
1.5. La atmósfera	23
TEMA 2:	31
Elementos básicos de meteorología	31
PARTE 1	35
Observaciones de superficie	37
2.1. Introducción	37
2.2. Observaciones de la superficie	38
2.3. Radiación solar	40
2.4. Temperatura	43
2.5. Humedad atmosférica	46
2.6. Nubosidad	48
2.7. Precipitación pluvial	50
2.8. Evaporación	53
2.9. Presión atmosférica	54
2.10. Vientos	56
PARTE 2	59
Climatología	61
2.1. Introducción	61
2.2. Tipos de climas	61
2.3. Clasificación climática ligada a la vegetación	63
2.4. Observación del clima	65

TEMA 3	67
Aplicando la información metereológica	71
3.1. Introducción	71
3.2. Aspectos principales de la fenología	71
3.3. Cálculo de índices y valores agroclimáticos	75
3.4. Cálculo de probabilidades de helada	81
3.5. Probabilidades de lluvia en la agricultura	84
3.6. Previsión del tiempo	86
GLOSARIO DE TÉRMINOS	92
BIBLIOGRAFÍA	93

Presentación

La Comisión Episcopal de Educación (CEE) como órgano de la Conferencia Episcopal Boliviana (CEB) a través de su proyecto Formación técnica profesional, tiene el propósito de contribuir a brindar mejores condiciones de vida a las y los bolivianos de áreas urbanas y rurales, empoderándolos por medio de una educación integral y liberadora.

Los Objetivos del Proyecto están orientados a desarrollar capacidades productivas y sociales en las personas jóvenes y adultas, facilitando oportunidades de integración al mundo laboral, mediante procesos de mejora de la calidad, pertinencia y acceso a la educación técnica, tecnológica productiva.

Para facilitar este proceso, la línea de acción Innovación técnico pedagógico, pone en consideración ocho módulos educativos, orientados a contribuir la formación de las y los participantes en las áreas de desarrollo productivo y de servicios, que trabajan en el marco del modelo de educación socio comunitario productivo de las regiones altiplánica, sub tropical y tropical del país.

La elaboración del material educativo, fue realizado por los propios docentes de cada especialidad, plasmando sus conocimientos y experiencias expresados en contenidos, procedimientos y actividades curriculares para satisfacer las necesidades, expectativas y aspiraciones educativo – productivas de las y los participantes.

Esperamos que los módulos se constituyan en un material de apoyo útil para el proceso de formación integral, y a su vez, inspire a jóvenes y adultos a potenciar el área productiva de su región, con el fin de orientar procesos de desarrollo social y productivo a nivel local con proyección regional o nacional, de tal forma, que se fortalezca la matriz productiva del país.

David Simón Coaquira Siñani

Coordinador del proyecto Formación técnica profesional
Comisión Episcopal de Educación

Introducción

Estimada/o participante:

El presente módulo titulado “La importancia del clima en la producción agropecuaria” ha sido elaborado pensando en ustedes que han priorizado la educación. Una educación al servicio de personas que no se niegan el derecho a culminar sus estudios, que han elegido el camino de la superación, que comprenden que son sujetos, que piensan y sienten, que aseguran la transformación de la sociedad, la comunidad y la familia.

Cada una de las unidades temáticas de este MÓDULO ha sido elaborada y adaptada para nuestra región, de manera que su contenido sea de utilidad en nuestra vida, como responsables de una familia y del rol que ocupamos en la sociedad. El contenido del módulo te brinda información acerca del maravilloso funcionamiento de la atmósfera, sus componentes, su alteración, su aplicación en la producción agrícola y pecuaria; el cuidado del medio ambiente; en suma, un “acercamiento climatológico para mejorar la producción”.

La organización de las unidades tiene tres momentos: el primero, rescata la experiencia mediante preguntas sencillas; el segundo momento expone los contenidos acompañados de ilustraciones que facilitan la comprensión; el tercer momento te invita a recordar y analizar lo aprendido.

El Módulo te invita a repasar los conocimientos que posees por experiencia, profundizar, reflexionar, aportar e incluso a cuestionar, lo nuevo, sin duda aún con alguna dificultad lo irás venciendo con ayuda de las y los compañeros de grupo y las y los facilitadores.

Objetivo holístico

Conoce y aplica los conocimientos ancestrales, con los nuevos avances tecnológicos relacionados con el clima, mostrando la lealtad en sus actividades productivas, para practicar la importancia del clima en la producción agropecuaria.

Producto del módulo

El o la participante aplica los conocimientos ancestrales y tecnológicos sobre el clima en el momento de la producción agropecuaria

TEMA 1



¿Debemos tomar en cuenta el
clima en la producción?

Compilación: Prof. Dionicio Guarayo Coria
Tec. María Elizabeth Aguilar Escalera

¿Debemos tomar en cuenta el clima en la producción?

1.1. Introducción

Los módulos orientan de manera integral sobre la Agropecuaria, como primer momento, recordemos algunos conceptos básicos que son necesarios tenerlos en la memoria, de esta manera podremos enfocarnos en el tema central del presente módulo.

Respondamos:

1. Escribe en tus propias palabras lo que entiendes por:

Agrícola

Agropecuaria

2. ¿Qué factores toma en cuenta el productor para mejorar el rendimiento de sus cultivos?
3. Es importante conocer cómo será el año, es decir, anticipar el estado del tiempo, por ejemplo, si va a ser un año seco o muy lluvioso. ¿Te parece importante que alguien sepa y pueda comunicarlo a los demás? ¿Por qué?
4. ¿Cómo se guían los agricultores, que elementos de la naturaleza les sirven para afirmar que será un año bueno o malo para la producción agrícola?
5. ¿Crees que las personas mayores de tu comunidad saben predecir el tiempo? ¿Cómo se guían o cómo se guiaban antes?

1.1.1. Experiencias de los habitantes andinos sobre el estado del tiempo

Al igual que muchas culturas del mundo antiguo, las culturas precolombinas de América tenían mucha curiosidad por conocer qué fuerzas movían la naturaleza, pero con un respeto admirable, para ello recurrieron a la observación paciente y milenaria, de tal forma que sea transmitida de generación en generación. Este cúmulo de experiencia ha sido y es la riqueza que guardan los pueblos originarios de nuestro continente y en especial en lo que hoy es Bolivia.

1.1.2. Los indicadores naturales

La experiencia que hacíamos referencia, es la fuente de información legada por sus antepasados y que permite a la gente andina ver en la naturaleza cosas que muchas personas las ignoran.

En la cultura, la naturaleza es como un libro abierto, a esto se suma un innato dominio de lo que le rodea, no por un hecho sobrenatural, sino porque él se ha considerado parte de la naturaleza, la siente, la respeta y la obedece.

Lo poco que hoy se puede rescatar de tan vastos conocimientos sobre la lectura de la naturaleza, se conoce con el nombre de indicadores naturales. Entendiéndose como la relación y dependencia que existe entre sucesos naturales (bióticos) y los acontecimientos climáticos futuros (abióticos).

Las respuestas de los seres vivos parecen anticipar lo que vendrá después.



Entre lo que podemos rescatar por falta de información escrita tenemos:

- Aparición o mudanza de los animales silvestres.
- El cantar de los pájaros.
- El retraso o adelanto de la aparición de órganos vegetales.
- Abundancia o escasez de insectos.
- El aullido o emisión de sonidos en animales (zorros).



1.1.3. Los astros: otra fuente de información

Sus conocimientos en este campo iban más allá, porque los astros como la luna, las estrellas y el sol, eran otra fuente maravillosa de información.

Lo que hoy se conoce como cosmología andina es lo que culturalmente se conoce como el conjunto de saberes que integran al sujeto, al entorno social, la naturaleza y el cosmos como un todo inseparable y en equilibrio armónico. Lo que le afecta al uno le afecta al otro.

Por tanto, la observación de los astros fue vital para los pobladores andinos: sus siembras, cosechas y nacimientos estaban regidos por el comportamiento de los astros como:

- Fases de la luna.
- Posición de las estrellas.
- Particularidades del sol.

1.2. La agropecuaria: vital para el desarrollo de un país

La agropecuaria (término que engloba el estudio y práctica de lo agrícola y pecuario) es tan antigua como la humanidad. Desde que el hombre dejó de ser nómada para convertirse en sedentario, empieza con la práctica del agro. Sus primeros pasos fueron rústicos y desconocidos, pero con mucho esfuerzo logró aprender de su experiencia y de la naturaleza, su relación y dependencia es inalterable hasta nuestros días.

El desarrollo y grandeza de un país se apoya plenamente en su potencial agropecuario.



En la actualidad hay mayor demanda de alimentos por el incremento de la población, por tanto, se requiere mayor producción, de esta forma el reto está lanzado. Debido a la migración campo-ciudad aumentan los consumidores en las ciudades y disminuyen los productores, los que se quedan necesariamente necesitan elevar la producción.

1.2.1. Agrícola

Lo agrícola se refiere a la explotación de un terreno mediante la implantación de un cultivo.

1.2.2. Agricultura

La agricultura es una ciencia y un arte: COMO ARTE enseña el modo de cultivar el suelo, preparar y usar abonos y COMO CIENCIA explica el desarrollo y crecimiento de las plantas y explica a la vez los principios en que descansan las operaciones agronómicas.

1.2.3. La agronomía

Es una ciencia de servicio y estudio amplio que ayuda a la agricultura, incluye la planificación, producción, ingeniería, sanidad, construcción, investigación, desarrollo y extensión, entre otros aspectos. Se relaciona y depende de otras ciencias (Botánica, Zoología, Edafología, Química, Biología, Sociología, Economía, Hidrología, etc.).

1.3. factores determinantes en la producción

Son aquellos elementos naturales que contribuyen y son necesarios en la producción agrícola, la carencia o deficiencia de uno de ellos incide en la producción, a estos factores naturales se suma el manejo.

$$\text{RENDIMIENTO} = \text{CLIMA} + \text{SUELO} + \text{AGUA} + \text{PLANTA} + \text{MANEJO}$$

Dentro del clima se pueden considerar: temperatura, humedad, radiación solar, viento, etc. El factor suelo incluye, por ejemplo: el relieve, la altitud, etc.

Como podemos apreciar, el CLIMA es uno de los factores decisivos en la producción agrícola. Su estudio y su importancia son vitales a la hora de obtener resultados en el rendimiento de los cultivos, esto nos lleva a plantear de manera determinante lo siguiente:

“conocer y valorar las condiciones climáticas de una región puede mejorar el rendimiento agrícola”.

La información climatológica se utiliza para muchos fines, principalmente para prevenir desastres naturales.

1.4. Agroclimatología

1.4.1. Clima

El clima se entiende como el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una zona geográfica como ser: la temperatura, la presión atmosférica, la humedad, los vientos y las precipitaciones; y la climatología es el estudio del clima las condiciones medias y extremas durante largos periodos de tiempo.

1.4.2. Meteorología

La meteorología estudia en forma detallada y científica la atmósfera de la Tierra y establece las características de los fenómenos físicos o meteoros que en ella se producen, desde la superficie terrestre hasta el límite superior de la exosfera.

Incluye el estudio de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas (meteorología sinóptica), el estudio de las propiedades eléctricas, ópticas y otras de la atmósfera (meteorología física). La aerología estudia las condiciones atmosféricas a cualquier altura.



1.4.3. Importancia de la meteorología

La meteorología constituye hoy en día una técnica importante en toda actividad; el organizar y proporcionar información es fundamental para tomar decisiones en planeamiento y explotación de nuestros recursos naturales o de otros servicios importantes como ser: la agropecuaria, transporte, medicina, obras civiles, etc.

1.4.4. Avances de la meteorología

Los estudiosos griegos como Aristóteles, mostraban gran interés por la atmósfera. Aristóteles escribió un tratado llamado Meteorológica, donde abordaba el “estudio de las cosas que han sido elevadas” o los fenómenos atmosféricos. El término meteorología deriva del título de esta obra. Los progresos realizados en el descubrimiento de leyes físicas y químicas se vieron estimulados por la curiosidad que despertaban los fenómenos atmosféricos.

Los registros meteorológicos se iniciaron en el siglo XIV. El telégrafo mejoró la transmisión de los datos de todo un país para hacer una predicción del clima.



1

El desarrollo de la ciencia moderna de la meteorología se produjo a inicios del siglo XX, con los estudios sobre los frentes y el descubrimiento de la llamada corriente chorro (una corriente de aire de alta velocidad que rodea el planeta a gran altitud.) Con las primeras computadoras fue posible aplicar las teorías fundamentales de la termodinámica y la hidrodinámica al problema de la predicción climatológica.

Las mediciones exactas se han visto potenciadas por la invención de instrumentos apropiados de observación (radiosonda) y por la organización de redes de observatorios meteorológicos.

Hoy en día se progresa en la predicción meteorológica numérica y el uso de computadoras genera previsiones en beneficio de la agricultura, la industria y los ciudadanos en general.

1.4.5. Agroclimatología

Es una palabra compuesta que deriva de tres voces, se ocupa de la interacción entre los factores meteorológicos y la agricultura desde la horticultura y forestal. Incluye una capa del suelo donde se desarrollan las raíces hasta las capas aéreas.

¹ Fuente: <https://2p8k8h2xv0bq1lgs0t1chg7elq-wpengine.netdna-ssl.com/files/2015/06/telegraph-1.jpg>

1.4.6. Bioclimatología

Cada clima tiende a producir efectos físicos y psíquicos propios sobre los seres vivos, correspondiendo a la bioclimatología el estudio de las condiciones terapéuticas climatológicas.

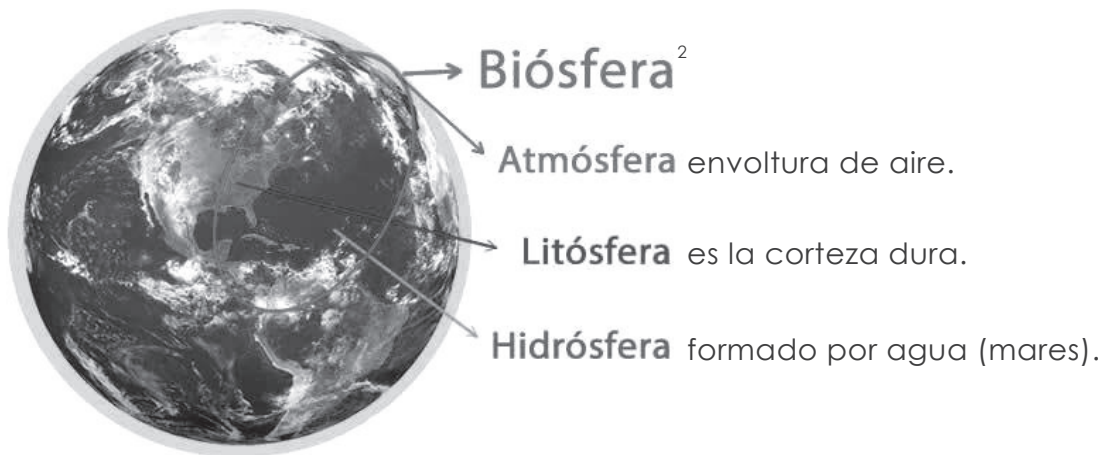
La medicina de hoy busca zonas de vida adecuadas para que las personas que tienen una enfermedad puedan vivir o curarse, así por ejemplo, los enfermos con tuberculosis pulmonar necesitan el aire de montaña por su sequedad; los enfermos del corazón requieren lugares bajos para una mejor circulación sanguínea; los reumáticos requieren lugares secos, sin embargo, otras enfermedades se activan debido a: la acción de los rayos solares y cósmicos a la presión atmosférica, al paso de los frentes activos, a los vientos, a la electricidad atmosférica, etc.

Por otra parte, se observa una relación directa entre el vigor mental y la variabilidad climática. Todas las grandes civilizaciones de la Tierra actualmente se encuentran en regiones de climas templados.

1.4.7. La biosfera

La naturaleza constituida por seres orgánicos (plantas y animales) e inorgánicos (agua, aire, montañas, minerales) es aquella parte donde se desarrolla la vida y solo es una parte de nuestro planeta llamado Tierra. Descubrimos una inseparable interrelación e interdependencia entre el medio ambiente y los seres vivos, entre la naturaleza y la Tierra, por eso cuando afectamos la naturaleza afectamos al planeta.

Para una mejor comprensión del funcionamiento de la Biosfera veamos la Estructura del Planeta Tierra:



Entre las tres capas se ubica la Biosfera, es decir los mares, la superficie de la tierra, y el aire.

La Biosfera: Es una delgada capa de la atmósfera y de la corteza terrestre donde se desarrolla la vida.

La biosfera incluye ríos, mares, montañas, clima, y todos los seres vivos (plantas y animales).

1.4.8. Formación de la tierra y de la biosfera

La Tierra se formó hace 4.500 millones de años. La biosfera aproximadamente hace 500 millones de años, por lo tanto, al comienzo en la Tierra no había vida porque no había Biosfera. Primero, el planeta tuvo que enfriarse porque era como una masa incandescente, no había atmósfera, solo gases venenosos.



Primero se formaron los mares y en su interior empezó algo maravilloso, la vida, también se iba desarrollando la atmósfera, que posteriormente recibió el oxígeno que liberaban los primeros vegetales y que serviría para que los animales terrestres se desarrollaran.

Cuando las condiciones fueron favorables para que se desarrollaran todas las formas de vida, se puede decir que se formó la biosfera. Como te das cuenta, tuvo que pasar millones de años, el hombre en su corta existencia (50 a 100 mil años como Homo Sapiens) ha modificado tanto la biosfera que está poniendo en peligro a los otros seres vivos y a sí mismo.

1.4.9. Relación de los seres vivos con el clima

El clima como conjunto de factores físicos influye de manera decisiva sobre los seres vivos, plantas y animales se distribuyen de acuerdo a las condiciones climatológicas. Aves y mamíferos poseen mecanismos para mantener su temperatura corporal, aunque cambie la temperatura del medio, esta posibilidad les permite vivir en zonas de grandes variaciones climáticas.

Especies de insectos se han adaptado a desiertos o a zonas polares; los de regiones cálidas poseen colores claros y brillantes que reflejan la radiación solar y si su habitat es la nieve, su color es oscuro. Muchas aves y algunos herbívoros se trasladan de un lugar a otro en busca de alimentos o mejores condiciones climáticas para asegurar la especie; tras ellos van sus depredadores.

La sensibilidad no es propia solamente de los animales sino también de las plantas, que responden a los cambios climáticos. La falta de agua, el incremento o el descenso de temperatura hacen a las plantas entrar en estrés y si la adversidad es severa, mueren.

1.5. La atmósfera

Es la capa gaseosa que envuelve a la tierra, la palabra atmósfera viene de dos voces griegas: "atmos" que significa vapor, "sohaira" = esfera. La

capa atmosférica es una de las maravillas del mundo, su presencia permite el desarrollo de la vida porque tiene funciones importantísimas como ser: regula la temperatura, posee los elementos gaseosos indispensables como el oxígeno y anhídrido carbónico.

1.5.1. Composición de la atmósfera

La composición química de la atmósfera, libre y seca de elementos gaseosos, está constituida de la siguiente manera:

Nitrógeno	78,03%
Oxígeno	20,99%
Argón	0,94
Anhídrido carbónico	0,03

En cantidades pequeñas, ínfimas, la atmósfera contiene también: hidrógeno, neón, helio, ozono, metano, etc. Otros elementos sólidos son la ceniza volcánica, polvo atmosférico, polen, células descamadas.

1.5.2. Observaciones en la atmósfera superior

Las mediciones en las capas superiores de la atmósfera se realizan con la radiosonda, instrumento meteorológico ligero que se sujeta a un globo de helio arrastrado por los vientos que lo lleva hasta la atmósfera superior. La radiosonda está equipada con un pequeño transmisor de radio de alta frecuencia capaz de medir la presión, la temperatura y la humedad.

También se utilizan aviones cuando hay amenaza de huracanes o tifones, otro método de mayor éxito ha sido el empleo de satélites artificiales los cuales fotografían y suministran imágenes de modo continuo de los patrones climáticos de más de la mitad de la Tierra, situados en órbitas

geoestacionarias a una altitud de unos 35.400 kms. Cualquier estación meteorológica equipada puede recibir sus transmisiones, como en los países ribereños, a los cuales ayuda a mantener una vigilancia continua de las tormentas.

Radiosonda ³



Por desgracia los patrones fotográficos suministrados por los satélites tienen una utilidad limitada para los métodos modernos de predicción meteorológica.

1.5.3. Masas de aire y frentes

Los meteorólogos suecos en la I Guerra Mundial, dieron el nombre de FRENTE a zonas donde las masas de aire tropical y polar tienden a juntarse produciendo contrastes térmicos con cambios climatológicos altamente activos.

Las masas continentales de aire polar tienden a descender y se extienden por debajo de las masas tropicales marítimas cálidas que son empujadas hacia arriba y se enfrían por expansión, lo que produce precipitaciones. Las masas de aire tropical marítimo que se forman sobre los océanos a unos 30° latitud N y S producen precipitaciones en latitudes medias y altas.

³ Fuente: <http://www.tiempo.com/ram/wp-content/uploads/2011/05/s2.jpg>

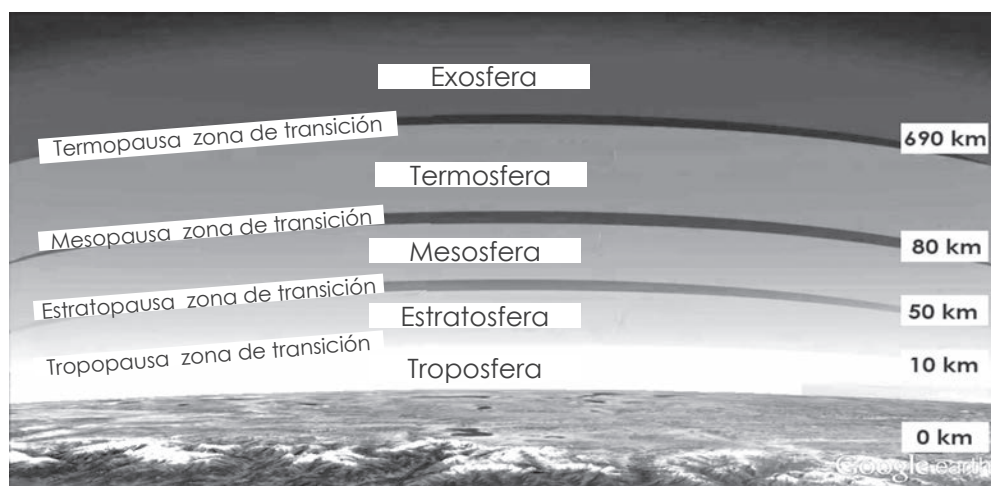
1.5.4. Estructura de la atmósfera

Aproximadamente la altura de la atmósfera es de 1.200 a 1.500 Km. Según su función y condiciones se la divide en cinco regiones.

a) Troposfera (Tropos = cambio, mudanza). Se eleva hasta los 12 Kms. Comprende el 75 % del peso total del aire y en ella se encuentra casi el total de la humedad atmosférica. Es una zona de perturbaciones atmosféricas, el aire está en continuo movimiento, se producen la mayoría de los fenómenos físicos o meteoros: vientos, tormentas, lluvias y ciclones.

b) Estratosfera. Se eleva desde los 12 hasta los 50 Km. Zona de calma y estable, con escaso movimiento de aire. La escasa humedad rara vez forma nubes, llamadas nacaradas o irisadas, de lento movimiento. La concentración de polvo es baja, procedente de erupciones volcánicas.

Estructura de la atmósfera ⁴



El límite superior o estratopausa alcanza temperaturas mayores a 100 ° C.

c) Mesosfera. Se extiende desde los 50 hasta los 85 Km. Zona de transición, en ella se forma el ozono (O₃) por acción de la radiación solar que disocia las escasas moléculas de vapor de agua. El oxígeno (O₂) se transforma en ozono por equilibrios fotoquímicos. En el límite superior o mesopausa desciende la temperatura a -100 °C.

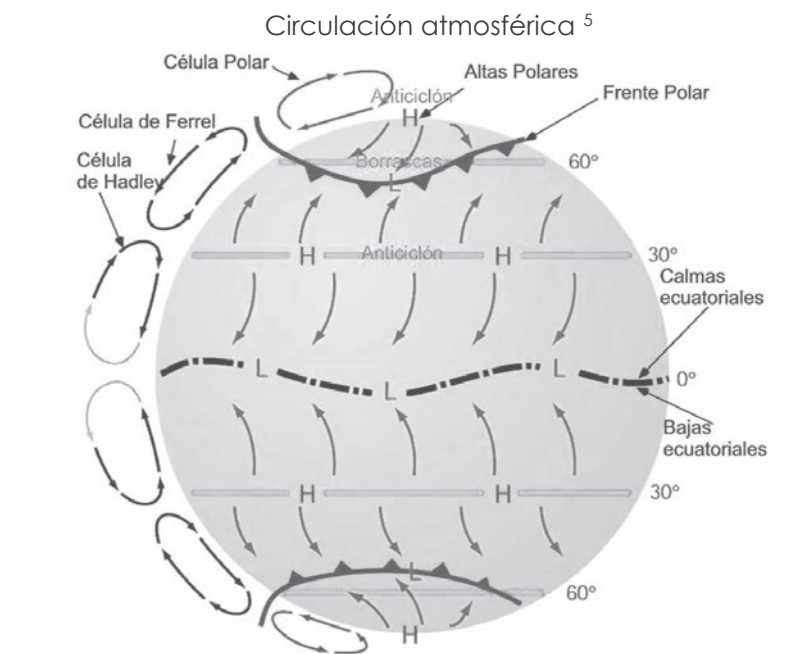
⁴ Fuente: <http://www.tiempo.com/ram/wp-content/uploads/2011/05/s2.jpg>

d) Ionósfera. Desde los 85 hasta los 350 Km. Zona fuertemente ionizada, en ella se reflejan las ondas hertzianas, cortas (emisiones radiofónicas) En esta parte de la atmósfera se registran altas temperaturas que aumentan gradualmente hasta los 1.500 ° C .

e) Exósfera. Abarca desde los 350 hasta los 1.200 Km. es la zona externa y la de mayor grosor y constituye la barrera a la incesante llegada de rocas y polvo cósmico que se combustiona al ingresar en la atmósfera. Según investigaciones, la tierra experimenta un aumento de peso entre 5.000 a 10.000 toneladas por día.

1.5.5. Circulación de la atmósfera

La causa de todos los movimientos atmosféricos es el calentamiento desigual de la superficie terrestre por el sol. La mayor parte del calor y la luz inciden sobre las regiones ecuatoriales y sólo una pequeña parte va a parar a las zonas polares. La circulación atmosférica produce la transferencia de calor desde las regiones más cálidas hacia los polos.



⁵ Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/DJWsby1cssl/maxresdefault.jpg>

Autoevaluación

Apliquemos nuestros conocimientos y experiencias respondiendo a las siguientes preguntas:

1. Luego de compartir algunos conocimientos del clima, ¿te parece importante tomar en cuenta la información que brinda la meteorología? ¿Por qué?

2. ¿Qué diferencia existe entre Biosfera y Bioclimatología?

3. Los agricultores que no cuentan con información de algún observatorio meteorológico ¿de qué forma se valen para “medir” algunos elementos del tiempo?

4. ¿Cuáles son los factores que intervienen en la producción?



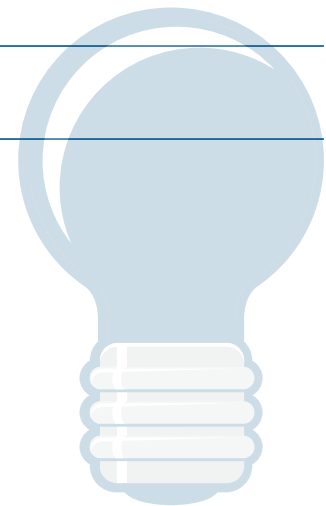
5. De los factores mencionados, ¿cuál estamos profundizando? ¿Por qué?

6. La interrelación entre la meteorología y la agricultura se refiere a:

- a) La meteorología
- b) La biosfera
- c) La agroclimatología
- d) La climatología
- e) Ninguno

7. ¿La atmósfera de qué elementos está compuesto y en qué proporciones?

8. ¿En la atmósfera qué elementos del tiempo o “meteoros” se encuentran?



TEMA 2



Elementos básicos de meteorología

Compilación: Prof. Dionicio Guarayo Coria
Tec. María Elizabeth Aguilar Escalera

Objetivo holístico

Conoce y utiliza los elementos básicos de meteorología, en el tema de agroclimatología y sus subtemas, para la importancia de la producción agropecuaria.

Producto del módulo

El o la participante emplea los elementos básicos de meteorología y los aplica en la producción agropecuaria.

1

Primera parte

A decorative graphic consisting of multiple overlapping, wavy blue lines that create a sense of movement and depth, resembling a stylized wave or a complex signal. It spans across the middle of the page, partially overlapping the horizontal bar and extending towards the bottom.

Observaciones de superficie

Observaciones de superficie

2.1. Introducción

Comparte tu experiencia:

1. Describe en tus propias palabras a que se refieren los fenómenos climatológicos que te nombramos abajo:

- Radiación solar.
- Precipitación pluvial.
- Temperatura.
- Nubosidad.
- Evaporación.
- Vientos.

2. De los fenómenos climatológicos mencionados, escribe en que época del año ocurren.

Precipitación pluvial:	Mayo y menor temperatura:
Nubosidad:	Evaporación:
Vientos:	

3. En nuestro departamento es usual que la temperatura baje, pero cuando baja demasiado, es perjudicial para los cultivos.
¿Cómo se llama este fenómeno?

4. En tu comunidad las personas mayores como tus padres, gracias a su experiencia, tienen la facultad de predecir el tiempo o sea saben que fenómeno climatológico ocurrirá. Comparte en forma detallada qué fenómenos pueden predecir y qué elementos naturales (biológicos) utilizan para asegurar que se acerca una lluvia, un granizo, una helada, etc.

2.2. Observaciones de la superficie

Las observaciones hechas a nivel del suelo son más numerosas que las realizadas a altitudes superiores; incluyen la medición de la presión atmosférica, temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, cantidad y altura de las nubes, visibilidad y las precipitaciones (la cantidad de lluvia o nieve que haya caído).

Los avances tecnológicos han desarrollado instrumentos meteorológicos electrónicos, uno de estos instrumentos es el radar meteorológico, que hace posible la detección de huracanes, tornados y otras tormentas fuertes.

Los elementos del tiempo también llamados fenómenos físicos o meteoros que caracterizan el estado del tiempo son:

- Radiación solar
- Temperatura
- Presión atmosférica
- Nubosidad
- Precipitación pluvial
- Evaporación
- Vientos
- Otros meteoros

Todos estos fenómenos son registrados para su estudio, se miden y registran con instrumentos, los cuales son ubicados en observatorios meteorológicos.

a) Estaciones meteorológicas

Si bien es cierto que las estaciones contienen los instrumentos necesarios, por la importancia que hoy en día se les da, éstos se han convertido

en verdaderas bases donde se obtienen datos y donde se elaboran: mapas, cartas de tiempo y se realizan las predicciones.

Según su función e importancia se dividen en Estaciones:

- Sinópticas
- Climatológicas
- Meteorológicas aeronáuticas
- Meteorológicas para la agricultura
- Especiales

Las **estaciones sinópticas** están destinadas para el pronóstico del tiempo actual en mapas o cartas sinópticas.

Las **estaciones climatológicas** determinan todos los elementos del tiempo en base a información de largos periodos.

Las **estaciones aeronáuticas** se dedican especialmente a pronosticar, se utiliza para fines de aviación.

Las **estaciones agrícolas**, como su nombre lo indica, brindan información para fines agropecuarios.

Las **estaciones especiales** determinan fenómenos particulares, como la radiación, para lo cual se utilizan radares.

b) Características de las estaciones y las lecturas

La Organización Mundial de Meteorología (OMM) recomienda: distancia entre estaciones 150 Kms, representatividad de la región, dimensión 6 x 9 ms, lejos de edificios y árboles, nunca en ondonadas o colinas, mantener la ubicación instrumental por un largo periodo.

El Servicio Nacional de Meteorología recomienda realizar las siguientes lecturas:

0800 - 1200 - 1400 - 1800 horas (reloj de 24 horas: las 0800 equivale a las 8:00 a.m.)

c) Interpretación de la información meteorológica

Para la interpretación de la información meteorológica, los datos deben tomarse a la hora establecida y con la precisión adecuada, para ello, se tienen planillas que indican la fecha y la hora de lectura de los instrumentos. Además, se cuenta con promedios diarios, mensuales y anuales. Para el registro diario sirven las cuatro lecturas diarias, para el registro mensual los 28 o 31 valores del mes y para la anual los 12 valores mensuales.

2.3. Radiación solar

El sol es la fuente de la radiación solar, se puede comparar con un gigantesco horno, aparentemente inagotable y eterno en el tiempo, nos provee de la energía para el desarrollo de los seres vivos.

El sol es una estrella luminosa, centro de nuestro sistema planetario. A una distancia media de la tierra de Radiación solar

Estructura de la atmósfera ⁶

149.600.000 km, tiene 12.742 km de diámetro medio, o sea 109,5 veces superior al de la Tierra.

La temperatura en la capa periférica alcanza los 6.100 °C. El 80 % de los elementos



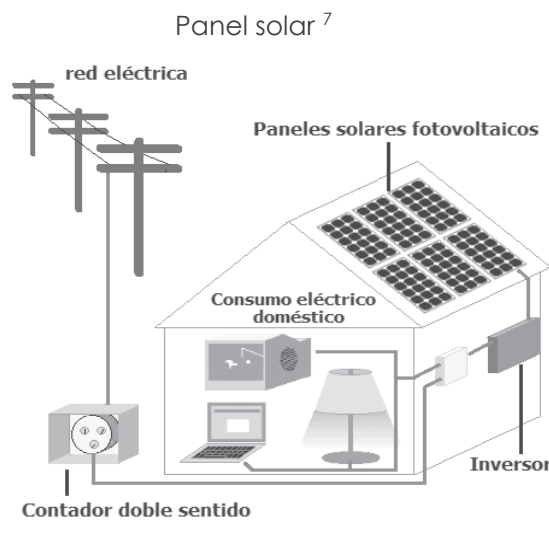
⁶ Fuente: <http://d2on3k3hzn2sy.cloudfront.net/wp-content/uploads/2014/01/radiacion-solar2.jpg>

químicos identificados en el sol son los mismos existentes en la tierra; por orden de importancia el sol contiene: hidrógeno, helio, oxígeno, otros metales y compuestos. Físicamente el sol está compuesto de: núcleo, fotosfera, capa inversora, cromosfera y corona.

a) Energía solar

La energía que emite el sol, llamada radiación solar, es un proceso físico que se transmite en forma de ondas electromagnéticas de distinta longitud.

- Los rayos caloríficos o térmicos no son visibles.
- Los rayos luminosos son visibles (onda corta: rojo, amarillo, anaranjado; larga violeta, azul).
- Los rayos ultravioletas no son visibles.



La transmisión de la radiación solar se realiza en el vacío, en línea recta y a una velocidad de 300.000 Km/s. La radiación solar que llega a la Tierra es en promedio de un 4 % ultravioleta, 44 % visible y 52 % infrarroja.

Para medir la cantidad de energía calorífica que se recibe o se gasta se utiliza, la caloría, unidad que se requiere para elevar la temperatura 1° C de un gramo de agua (1 cal = 4,18 joules).

⁷ Fuente: <http://solarenergy.com.br/wp-content/themes/solarenergy-2016/assets/images/solucao-residencial/comofunciona-autoconsumo.png>

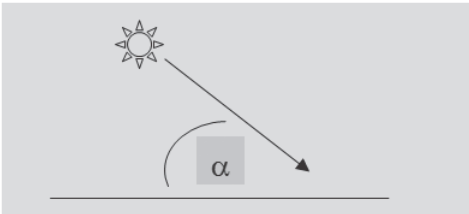
Se llama constante solar al número de calorías-gramo por minuto que recibe la Tierra (superficie) por centímetro cuadrado, en término medio, su valor alcanza 1,94 del total de la radiación solar que recibe la Tierra; una parte del 34 al 43 % se refleja (Albedo); mientras que la parte absorbida por la atmósfera es del 15 % y 43 % por el suelo. Los rayos ultravioletas son absorbidos por el ozono.

b) Intensidad solar

La energía recibida depende de la inclinación de los rayos solares y de la duración del día, el primer caso se calcula utilizando la fórmula:

$I = I_0 \text{ sen } \alpha$

Dónde: I_0 = constante solar 2.0 cal/cm²/min
 $\text{Sen } \alpha$ = ángulo de inclinación rayos solares con respecto a la superficie.



Calculemos para un ángulo de 50°

$$I = 2 \text{ cal/cm}^2/\text{min} * \text{sen } 50^\circ$$
$$I = 2 \text{ cal/cm}^2/\text{min} * 0,766$$
$$I = 1,532 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$$

El resultado quiere decir que en un centímetro cuadrado de superficie por minuto se recibe 1,532 calorías cuando los rayos solares forman un ángulo de 50°. El calor es una forma de energía y como tal puede pasar de una forma a otra sin destruirse, puede acumularse en forma de energía cinética u otra forma.

No debemos olvidar que 1 Kcal = 1.000 cal. Entonces si nos piden transformar 3.500 cal sencillamente dividimos entre 1.000 y el resultado sería 3,5 Kcal.

c) Instrumental de medición

El Actinógrafo es de lectura registrada, mediante sistema de relojería o eléctrico, utiliza una banda bimetálica ennegrecida de diferente coeficiente de dilatación.

2.4. Temperatura

Se entiende por temperatura, al valor de la cantidad de calor, que se mide en un momento determinado, es decir, la temperatura es un valor numérico que solo sirve para indicar la cantidad de calor.

Cuando un cuerpo se calienta, se dilata y cuando se enfría se contrae. Esta propiedad se utiliza para definir la escala termométrica; se puede medir el calor de un cuerpo, que en nuestro caso puede ser el aire, suelo y agua.

a) Escala y transformación termométrica

Cuando un cuerpo se calienta, se dilata y al enfriarse, se contrae; este es el fundamento para una escala de temperaturas. El instrumento utiliza un líquido que puede ser: agua, alcohol, mercurio, etc. según su naturaleza la temperatura del hielo fundente marca el calor de 0 y a la ebullición del agua como 100. Existen varias escalas termométricas, para establecer su relación se utiliza las siguientes relaciones:

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{^{\circ}\text{R}}{80} = \frac{^{\circ}\text{F}-32}{180} \quad \text{ó} \quad \frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{R}}{4} = \frac{^{\circ}\text{F}-2}{9}$$

$^{\circ}\text{C}$ = centígrado
 $^{\circ}\text{F}$ = Fahrenheit
 $^{\circ}\text{R}$ = Reamur

Ejemplo 1: convertir 70°F a $^{\circ}\text{C}$.

Se toma solo dos fórmulas:

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F}-32}{9}$$

Como no hay otro signo, los dividendos pasana la otra ecuación a multiplicar:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{(^{\circ}\text{F}-32)}{9} \cdot 5$$

Reemplazamos $^{\circ}\text{F}$ por el valor 90°

$$^{\circ}\text{C} = \frac{(70^{\circ}-32)}{9} \cdot 5$$

Realizando operaciones:

$$^{\circ}\text{C} = 21,1$$

b) Valores de las temperaturas

B.1. Temperaturas máximas y mínimas

En cualquier lugar se registran temperaturas máximas y mínimas debido al enfriamiento nocturno del planeta y el calentamiento diurno; alcanzando valores extremos al amanecer y máximos después de mediodía.

B.2 Temperatura media: diaria, mensual y anual

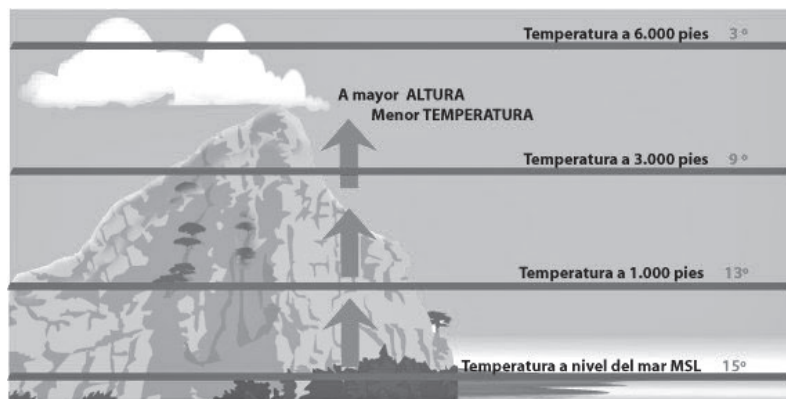
Es un valor representativo de la temperatura, se obtiene promediando las cuatro lecturas del día o los valores máximo y mínimo.

c) Variación de la temperatura con la altura

La altura provoca un efecto inverso a la latitud en el incremento de la temperatura, porque a medida que nos acercamos a la línea del Ecuador la temperatura va en aumento; esto ocurre con el altiplano Boliviano, por la latitud, las temperaturas deberían ser elevadas, sin embargo por la altura se registran temperaturas bajas.

Variación de la temperatura con la altura

Esto se debe principalmente a la escasez de humedad y a la variación en la presión atmosférica; se ha calculado en promedio que la temperatura disminuye en $0,56^{\circ}\text{C}$ por cada 100 metros de incremento en la altura.



Estructura de la atmósfera ⁸

⁸ Fuente: https://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/none/path/s9b5c932860414443/image/i01903baac_ee56297/version/1414668361/image.jpg

d) Variación de la temperatura

La variación de la temperatura es más notoria en el día y en año; la diaria se ve afectada por la entrada y salida del sol; la anual en nuestro hemisferio demuestra un comportamiento de ascenso en verano y detrimento en invierno.

Se utiliza el nombre de helada cuando las temperaturas son igual o inferiores a 0 °C.

Los instrumentos de medición son los termómetros y termógrafos.



Para la observación de la temperatura se emplean diferentes termómetros, el más usado es el de mercurio, debe situarse fuera del alcance de los rayos solares durante el día y proteger del contacto de paredes y suelo para obtener valores representativos. El termómetro de máxima y mínima tiene gran difusión, porque temperaturas máximas o mínimas registradas se mantienen, ese valor puede darse en horas inaccesibles para el observador.

2.5. Humedad atmosférica

El estado del aire con respecto a la cantidad de vapor de agua que contiene, se llama humedad; la evaporación de los mares, aguas continentales y otros como la transpiración de plantas y animales constituyen la principal fuente de humedad atmosférica.

A.1. Humedad absoluta

Poco utilizada, expresa la humedad en gramos de vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire (gr/m³).

Se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Ha = 217 \frac{T_v}{\theta T}$$

Dónde: Ha = Humedad absoluta expresada en gr/m³
 T_v = Tensión de vapor de agua expresada en mm o mb
 θT = Temperatura del aire expresada en °K

A.2. Humedad relativa

Es el porcentaje de vapor de agua que tiene el aire, respecto al máximo, que es capaz de contener (en volumen y temperatura similar).

Se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Hr = \frac{Ha}{Hm} \times 100$$

Dónde: Hr = Humedad relativa expresada en porcentaje
 Ha = Humedad absoluta expresada en gr/m³
 Hm = Humedad máxima expresada en gr/m³

La cantidad máxima de vapor de agua que puede contener 1 m³ de aire depende de la temperatura del aire en estado de saturación, así tenemos:

Temperatura ambiente:	-30 °C	20 °C	40 °C
Cantidad máxima en gramos:	0,35	17,19	50,8

A.3. Punto de rocío

Se denomina así, cuando el aire ya no puede contener más vapor de agua, entonces se condensa en forma de gotas; entendiéndose como el punto de saturación máxima a una temperatura determinada.

A.4. Tensión de vapor de agua

Expresa la presión que alcanzaría el vapor de agua si ocupara él sólo el mismo recinto, o sea, es la fuerza de expansión que posee el vapor; se expresa en mm de mercurio o en mb (milibares).

A.5. Determinación de la humedad relativa mediante el psicrómetro

Con los valores registrados por el psicrómetro se determina la humedad relativa de la siguiente forma:

Utilizando los valores $t - t' = 4,21$ mm y la temperatura del bulbo húmedo = 12, 1 °C se ubica en la tabla (ver anexo) entonces: Hr = 58 %

Instrumental de medición.

El instrumento que se utiliza más a menudo en los observatorios meteorológicos es el higrómetro, conocido como psicrómetro, consiste en dos termómetros: uno mide la temperatura con el bulbo seco y el otro con el bulbo húmedo.



⁹ Fuente: https://lh3.ggpht.com/1jbvz-mSo2gYlBQZujjk963QRCKAoXetIjnRTfGTFPc0g-CkArbguOmcn2udpJr_VQ=w300

También existe el higrógrafo, que es un instrumento de registro automático de la humedad relativa. Consta de un haz de cabellos desengrasados, que varía de longitud por la mayor o menor humedad.

2.6. Nubosidad

Con este nombre se designa a las masas condensadas de vapor de agua, ya sean nubes o nieblas, según a qué altura se eleven sobre el nivel del suelo.



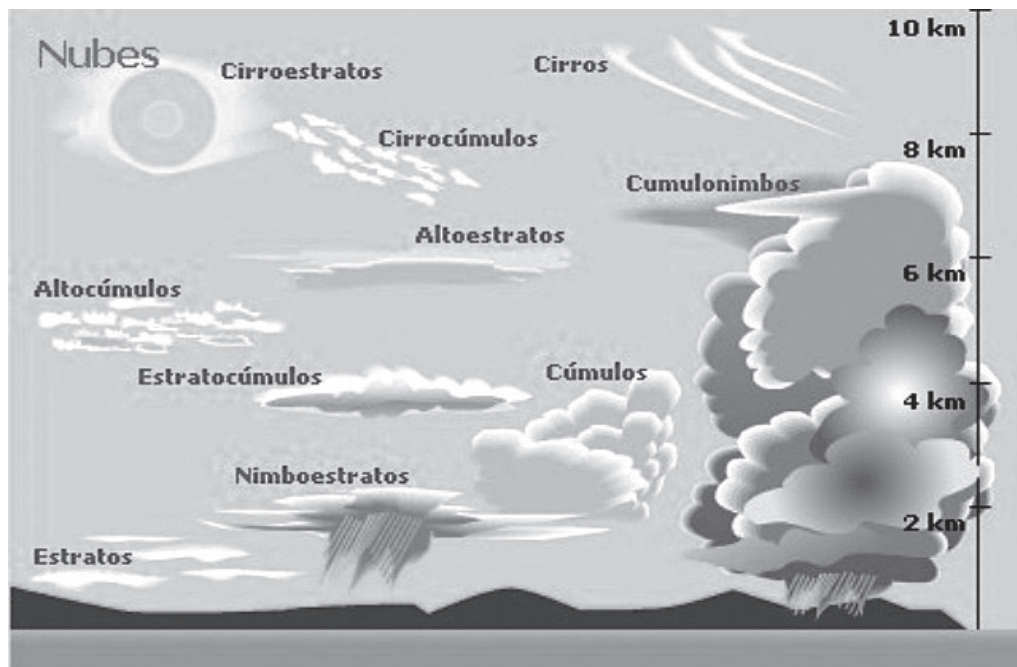
Las nubes son pequeñísimas gotas de agua que se forman gracias a los núcleos de condensación que son partículas de polvo en el aire; se originan por el enfriamiento del aire, donde la humedad relativa elevada alcanza el punto de rocío.

a) Clasificación de las nubes

Inicialmente, las nubes se clasifican en tres tipos de acuerdo a la altura: altas, medias y bajas. Según la nomenclatura internacional se clasifican en cuatro formas fundamentales:

- Cirrus (Ci): nubes filamentosas o fibrosas, blanquísimas, sin sombras.
- Cúmulos (Cu): redondeadas o globosas, con sombras y de bordes muy brillantes.
- Estratos (St): extendidas en capas uniformes y continuas.
- Nimbos (Nb): en formaciones densas, oscuras y confusas, presagio de lluvia.

Clasificación de las nubes ¹⁰



La combinación de los cuatro grupos mencionados (introducida por Abercromby y Hildebrandsson) da lugar a los siguientes 10 tipos reconocidos oficialmente:

Tipo	Características	Tipo	Características
1. Cirrus	Nube de pluma	6. Estratocúmulos	Nube de capa baja
2. Cirrocúmulos	Corderitos	7. Estratos	Nube de lluvia
3. Cirrostratos	Nube de velo	8. Nimbostratos	Nube de montón
4. Altocúmulos	Corderitos grandes	9. Cúmulos	N. de capa montón
5. Altostratos	Nube de capa media	10. Cumulonimbo	Nube de tempestad

¹⁰ Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/6atmosf-nubes-101028131919-phppa-pp02/95/6-atmosf-nubes-6-638.jpg?cb=1422664250>

b) Grado de nubosidad

Es la fracción de cielo cubierto en un momento dado; en la escala de 0 a 8, el 0 corresponde a cielo totalmente despejado, el 8 a cielo totalmente cubierto.

c) Instrumental de medición

El instrumento de lectura automática es el Heliógrafo, consta principalmente de una bola maciza de cristal, que a manera de lupa quema una tira de cartulina dividida en horas. Por este principio se determina las horas efectivas de presencia del sol.

Heliógrafo ¹¹



2.7. Precipitación pluvial

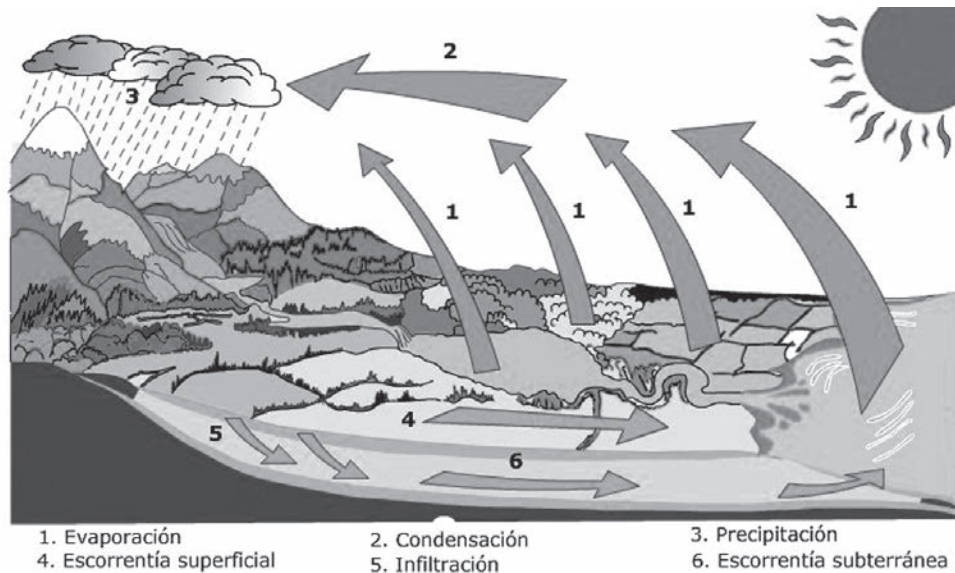
Abarca todas las formas de humedad que emanan de las nubes y caen a la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo.

a) Proceso de precipitación

Las nubes se forman por la condensación de vapor de agua, en cuyo centro por enfriamiento se van formando las gotitas de agua que requieren de núcleos de condensación que pueden ser partículas de carbón, polvo, polen, sal, etc. Estas impurezas son abundantes hasta los 5 Km de altura, esto explica la casi inexistencia de nubes en la estratósfera. Las gotitas, como se indicó en el tema de nubosidad, no caerán si mantienen tamaños ínfimos, para que se produzca una verdadera lluvia es necesario que ganen más peso y venzan la resistencia del aire.

¹¹ Fuente: https://cdn.raig.com/tienda/meteorologia/heliografos-y-piranometros/heliografos/heliografo-campbell-stokes-lambrecht/image_1_large

Proceso de precipitación ¹²



Equívocadamente, se cree que las nubes son regaderas viajeras, en realidad, una nube es un lugar donde se produce una condensación incesante.

La velocidad que alcanzan las gotitas se puede determinar mediante la fórmula de Stokes: $v = 1,3 r^2 \times 10^6$ radio está en cm. En la mayoría de los casos el diámetro de las gotitas alcanza 5μ , por tanto su velocidad llega a 0,7 mm/seg, o sea 1,3 m en media hora.

b) Formas de precipitación

De acuerdo a otras características atmosféricas las precipitaciones toman formas distintas, veamos las siguientes:

Lluvia: las gotas de agua superan los 0,5 mm de diámetro y una velocidad de 3 m/seg.

Llovizna: con gotas menores a los 0,5 mm de diámetro.

Nieve: se da este fenómeno cuando la temperatura del aire es menor a 0°C .

Granizo: son pedazos de hielo, cuyos diámetros varían de 5 a 50 mm.

Lluvia de barro: ocurre cuando el polvo atmosférico es abundante.

¹² Fuente: http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/2500/2578/html/ap2_ciclo_agua_dibujo.jpg

Chubasco: son precipitaciones repentinas y cesan del mismo modo.

Rocío: es la condensación de vapor de agua en la superficie de los cuerpos (hojas)

Escarcha, ocurre cuando el rocío se congela.

c) Medición de la lluvia

Para conocer la cantidad de lluvia o agua que llegó a la superficie, se mide la altura de la capa de agua contenida en un recipiente con estándares establecidos. La medición se expresa en milímetros (mm). En caso de ser nieve o granizo se mide una vez que está en estado líquido.

De acuerdo a los cálculos preestablecidos, la altura que registra el instrumental define:

$$1 \text{ mm (lluvia)} = 1 \text{ lt /m}^2$$

Utilizando la relación realicemos el siguiente ejercicio:

Si la precipitación en el mes de noviembre registra 38 mm, ¿cuántos litros de agua habrá recibido una superficie de 1.500 m²?

Podemos plantear una regla de tres:

Podemos plantear una regla de tres:

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mm (lluvia)} & \longrightarrow & 1 \text{ lt/m}^2 \\ 38 \text{ mm} & \longrightarrow & X \end{array}$$

Entonces: $X = \frac{38 \text{ mm} \cdot 1 \text{ lt/m}^2}{1 \text{ mm}}$

$$X = 38 \text{ lt/m}^2$$

Nuevamente planteamos una segunda regla de tres:

$$\begin{array}{ccc} 38 \text{ lt} & \longrightarrow & 1 \text{ m}^2 \\ X & \longrightarrow & 1500 \text{ m}^2 \end{array}$$

Entonces: $X = \frac{1.500 \text{ m}^2 \cdot 38 \text{ lt}}{1 \text{ m}^2}$

$$X = 57.000 \text{ lt}$$

La cantidad de agua que recibieron los 1.500 m² fue de 57.000 litros.

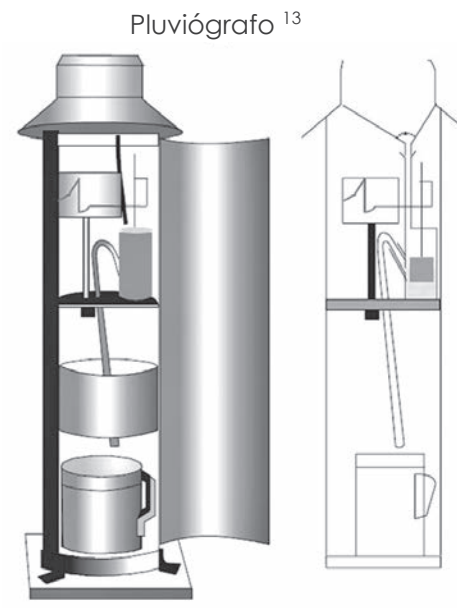
d) Composición del agua de lluvia

Las gotitas de agua de lluvia necesitan de núcleos de condensación, que puede ser polvo, polen, microorganismos, etc. Por tanto el agua de lluvia no es pura.

A las impurezas se suman dos gases, el amoníaco y el ácido nítrico, que se produce por la descomposición de la materia orgánica. De esta manera, el agua de lluvia aporta una cantidad de nitrógeno, se estima que un litro contiene 3,5 mg de amoníaco y 1 mg de ácido nítrico, aportando por año y por hectárea 28 Kg de nitrógeno.

e) Instrumental de medición

Las precipitaciones se miden mediante el pluviómetro, es un cilindro vertical abierto en su parte superior para permitir la entrada de la lluvia y calibrado en milímetros, de modo que se pueda medir la altura total de la lluvia caída. El nivómetro especial para medir la cantidad de nieve. El pluviógrafo, similar al pluviómetro diferenciándose por llevar un sistema de relojería para el registro automático.



2.8. Evaporación

Es el paso del estado líquido del agua al estado gaseoso, este proceso requiere energía que es proporcionada por la radiación solar.

a) Proceso de evaporación

Las partículas de las que están compuestas los líquidos se mueven a una

¹³ Fuente: http://images.slideplayer.com.br/3/366039/slides/slide_39.jpg

cierta velocidad, cuando existe un incremento de temperatura aumenta la velocidad de sus movimientos. La temperatura se eleva gracias a un suministro de calor, la fuente natural, el sol. Las partículas se moverán a tal velocidad que rompen las fuerzas de cohesión y salen al exterior en forma de vapor.

b) Evapotranspiración

Es un proceso combinado de evaporación desde el suelo y transpiración de las plantas. La evaporación total se la conoce también como uso consuntivo (UC). La evapotranspiración resulta de un proceso inverso a las precipitaciones. Se mide en mm/día.

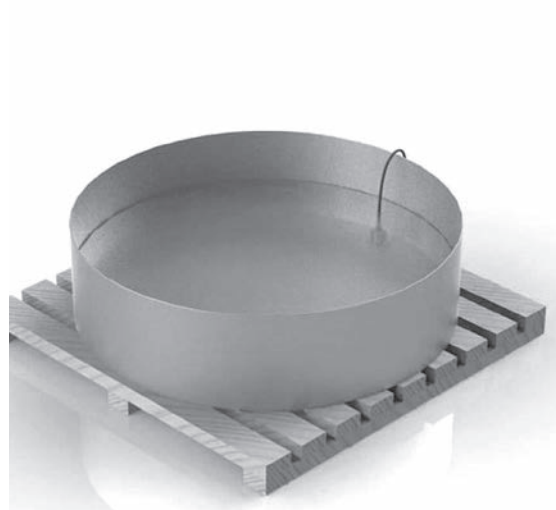
c) Instrumental de medición

La evaporación se mide con el evaporímetro. Son amplios recipientes de 1,2 m de diámetro y 0,25 m de altura, llevan un tubo aquietador y en el centro de éste un tornillo micrométrico para las lecturas. Se llena el tanque hasta que marque cero el tornillo. El instrumento de registro automático es el evaporígrafo, lleva un platillo que se llena de agua; la pérdida de agua se registra continuamente.

Proceso de evaporación ¹⁴



Proceso de evaporación ¹⁵



2.9. Presión atmosférica

Es el peso que ejerce una columna de aire o de atmósfera sobre una unidad de superficie. Dicha columna abarca hasta la exosfera.

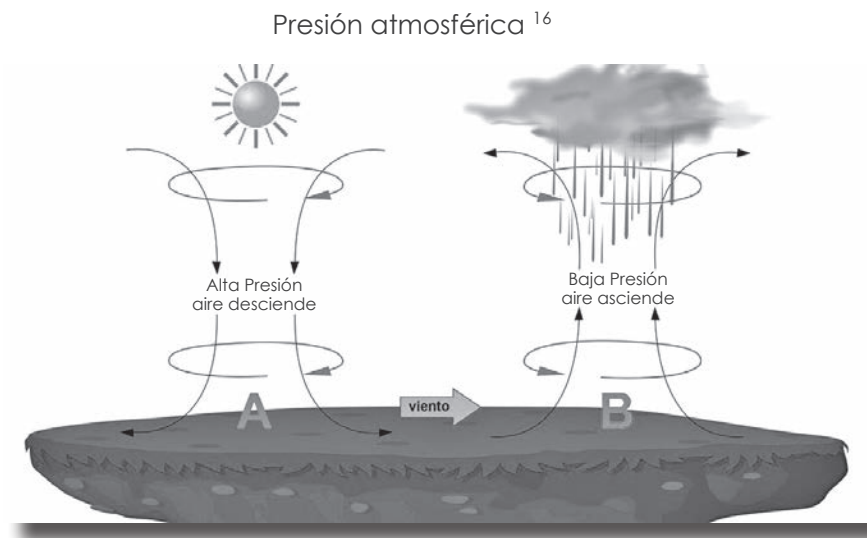
¹⁴ Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/-7V_CbHkgZ54/UYMWEMufZul/AAAAAAAAALg/Mq-h-jQeYRw/s1600/va por.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-7V_CbHkgZ54/UYMWEMufZul/AAAAAAAAALg/Mq-h-jQeYRw/s1600/va+por.jpg)

¹⁵ Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/158525-8486697.jpg

a) Características de la presión atmosférica

La materia que constituye el aire, como toda materia, es pesada; las capas superiores de la atmósfera presionan sobre las inferiores, por esta razón es mayor a nivel del mar, alcanzando una presión de 1,033 gr/cm² de superficie. Nuestro cuerpo soporta una presión equivalente en peso a 17.5 Tm, similar a un cubo de plomo de 1,2 m de arista.

No se percibe y tampoco nos aplasta porque se reparte por igual sobre toda la superficie y se transmite uniformemente en todas direcciones, en virtud del principio de Pascal; además está equilibrada por la presión interna del organismo.



b) Medida de la presión

Se utilizan dos medidas: el milímetro de mercurio y el milibar (mb). Estableciéndose:

$$1 \text{ baria} = 1000 \text{ mb} = 750 \text{ mm de Hg} = 1 \text{ dina/cm}^2$$

c) Variación de la presión con la altura

Es evidente el enrarecimiento progresivo del aire al aumentar la altitud, comprobándose que si la altura sobre el nivel del mar crece en progresión aritmética, la presión disminuye en progresión geométrica.

¹⁶ Fuente: http://1.bp.blogspot.com/-BmgCl6Uxacc/V114-f2_KWI/AAAAAAAAAGY/BKJqIT2_qD43FR-eCXaOPpi7fbDsMiPIQCK4B/s1600/La-presion-atmosferica.jpg

Matemáticamente la altura es inversamente proporcional al logaritmo de la presión.

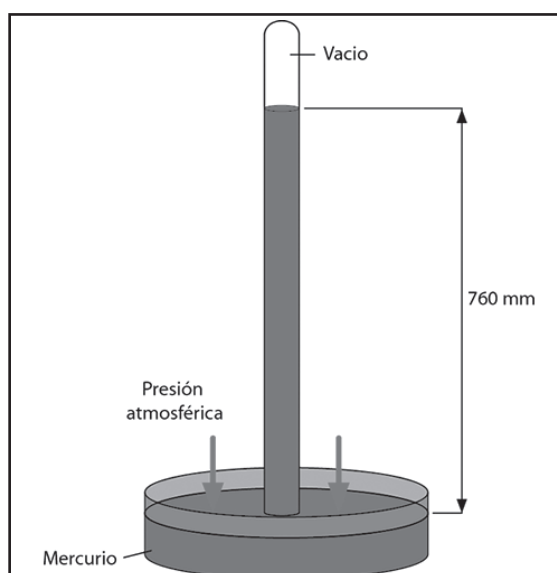
d) Instrumental de medición

Para la medición exacta de la presión atmosférica se utiliza el barómetro de mercurio, que consta de un tubo de vidrio cerrado en el extremo superior y parcialmente lleno de mercurio, la parte inferior está abierta y sumergida en un recipiente con mercurio. El barómetro anerode, aunque menos preciso, es práctico para transportar.

De lectura automática se tiene al barógrafo, consta de una caja metálica hecha al vacío, que reacciona frente a la presión.

Todas las lecturas barométricas se corrigen por las variaciones debidas a la temperatura y la altitud de cada estación.

Proceso de evaporación¹⁷



2.10. Vientos

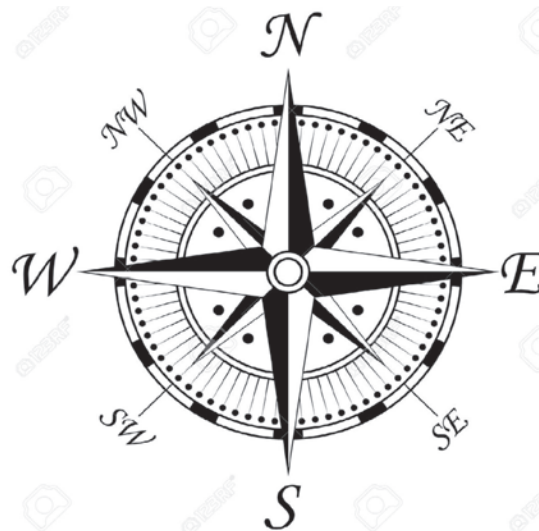
Se llama al movimiento de la masa aérea que se produce a cierta altura de la superficie terrestre, con una velocidad variable. El viento se determina por la dirección (desde donde sopla) y por su velocidad.

La causa de todos los movimientos atmosféricos es el calentamiento desigual de la superficie terrestre por el Sol. La mayor parte del calor y

la luz inciden sobre las regiones ecuatoriales y sólo una pequeña parte va a parar a las zonas polares. La circulación atmosférica produce la transferencia de calor desde las regiones más cálidas hacia los polos.

a) Dirección y velocidad del viento

La dirección del viento se indica por el punto desde donde procede, tiene un componente vertical en ascenso y descenso; el componente horizontal de mayor importancia se designa por el rumbo, para el cual se utiliza la orientación cardinal: norte, sur, este, oeste. Las subdivisiones cardinales se conocen con el nombre de rosa de los vientos o rosa náutica, donde se considera:



La velocidad es la fuerza con que sopla el viento. La velocidad se mide en nudos.

$$1 \text{ nudo} = 1.853, 27 \text{ m/hr} = 1 \text{ milla marina}$$

b) Cambios de viento

Los cambios de viento se deben a:

- Caída rápida de la temperatura del aire
- Alza rápida de la presión

c) Instrumental de medición

El instrumento más utilizado para medir la dirección del viento es la veleta común, que indica de dónde procede el viento; la velocidad del viento se mide por medio de un anemómetro, un instrumento que consiste en tres o cuatro semiesferas huecas montadas sobre un eje vertical. El anemómetro gira a mayor velocidad cuanto mayor sea la velocidad del viento.

Veleta común ¹⁸





Segunda parte



Climatología

Climatología

2.1. Introducción

Antes de introducirnos en el tema propiamente, compartamos algunas respuestas en relación a las siguientes preguntas:

Respondamos:

1. ¿Cómo es el clima en tu región?
2. ¿En qué meses se presentan heladas en tu región?
3. Anota los meses en que llueve en tu región.
4. En tu opinión, ¿para qué cultivos es apto el clima de tu región?

2.2. Tipos de climas

Los autores clásicos dividieron la Tierra en tres grandes zonas climáticas, que corresponden a los climas: frío, templado y tórrido. Se pueden distinguir tipos y subtipos en función de la temperatura y la precipitación.

Otros elementos que contribuyen a explicar el clima de una región pueden ser: la presión atmosférica, los vientos, la humedad, la latitud, la altitud, el relieve, la proximidad de los mares, las corrientes oceánicas y la influencia de la naturaleza del suelo y la vegetación.

Detallamos a continuación los tipos de clima del planeta considerando los valores, de la temperatura y las precipitaciones.

a) Clima ecuatorial

Característico de latitudes bajas: 10° N y 10° S, la temperatura media anual es mayor a los 25° C, las precipitaciones anuales sobrepasan los 1.500 mm. La duración del día y de la noche es muy similar.

b) Clima tropical

Propio de las regiones tropicales, la temperatura media anual es superior a los 20° C, las precipitaciones anuales oscilan entre los 400 y los 1.000 mm.

c) Clima desértico

Propio de las áreas desérticas, se caracteriza por altas temperaturas y escasez de precipitaciones; la temperatura media anual es en torno a los 20° C y las precipitaciones inferiores a los 200 mm.

d) Clima templado

Se subdivide en:

- **Clima mediterráneo:**

Característico de países ribereños del mar Mediterráneo (latitudes medias de 30° y 45°). Se caracteriza por veranos cálidos, secos y soleados e inviernos suaves y húmedos. Las temperaturas medias anuales varían entre los 12° C y los 18° C, y las precipitaciones entre los 400 y los 700 mm.

- **Clima chino:**

De temperatura media algo mayor a la del mediterráneo. El promedio de precipitaciones sobrepasa los 1.000 mm.

- **Clima oceánico:**

La proximidad del mar determina unas precipitaciones importantes de entre 1.000 y 2.000 mm. La temperatura media 10° C; los inviernos presentan unas temperaturas moderadas y en verano son frescas.

- **Clima continental:**

Propio de las regiones del interior de los continentes. Se caracteriza por una relativa escasez de precipitaciones, que oscilan entre los 300 y los 700 mm de promedio, principalmente en verano. La temperatura media anual es inferior a los 10° C.



e) Clima polar

La temperatura media mensual y anual está por debajo de los 0° C y las precipitaciones insignificantes se producen en forma de nieve.

f) Clima de alta montaña.

En las montañas la temperatura disminuye con la altitud y aumentan las precipitaciones hasta un cierto nivel.

Presenta unas temperaturas invernales negativas y unas estivales positivas, aunque la temperatura media anual se establece en torno a los 0° C y las precipitaciones más abundantes se dan en verano más que en invierno, superan los 1.000 mm anuales.

2.3. Clasificación climática ligada a la vegetación

La temperatura y precipitación en que se basa la clasificación anterior no son suficientes para una descripción climática exacta y universal. Es importante considerar factores de clima y vegetación para conocer la

naturaleza de una zona y lo que representa vivir en ella. La influencia del clima en la vegetación natural viene determinada fundamentalmente por las precipitaciones, la temperatura y la luz.

Se pueden distinguir nueve grandes formaciones vegetales o biomas:

- **El bioma I** corresponde a las pluvisilvas tropicales.
- **El bioma II** está formado por los bosques y sabanas tropicales, secas o húmedas.
- **El bioma III** se asocia con los desiertos y semidesiertos subtropicales.
- **El bioma IV** corresponde a las áreas de bosques mediterráneos.
- **El bioma V** corresponde a los bosques húmedos de clima templado siempre verdes.
- **El bioma VI** son los bosques caducifolios de la zona templada.
- **El bioma VII** son las estepas y desiertos fríos en invierno.
- **El bioma VIII** es la zona de bosques boreales.
- **El bioma IX** es la zona de tundra, clima ártico y en el extremo de Sudamérica.

Bioma ¹⁹



2.4. Observación del clima

Como señalamos en la primera unidad acerca de los inicios de la meteorología, el hombre ha tratado de observar cuidadosamente el comportamiento del clima, pero esto no queda ahí, con la ayuda de instrumental cada vez más sofisticado y valiéndose de cálculos matemáticos, determinó un análisis cuantitativo; por último ingresó en algo muy ambicioso “la predicción del tiempo”.

Sin embargo, los logros más significativos del hombre y la mujer fueron la clasificación del clima según la información de largos períodos de registro.

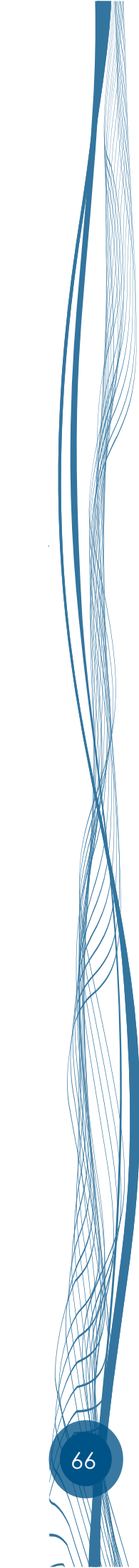
Gracias a las primeras computadoras fue posible aplicar las teorías fundamentales de la termodinámica y la hidrodinámica al problema de la predicción climatológica.

Para contar con información precisa del comportamiento del clima no solo bastaba con información de superficie, se recurrió también a observaciones directas:

- **Observaciones en la atmósfera superior:** en esta parte es importante la medición cuantitativa del viento, la presión, la temperatura y la humedad.

Las mediciones en las capas superiores de la atmósfera se realizan con la radiosonda, instrumento meteorológico ligero, que se sujeta a un globo de helio arrastrado por los vientos que lo llevan hasta la atmósfera superior; es capaz de medir la presión, la temperatura y la humedad equipado con un pequeño transmisor de radio de alta frecuencia.

También se utilizan aviones cuando hay amenaza de huracanes o tifones. Otro método de mayor éxito ha sido el empleo de satélites artificiales, que fotografían y suministran imágenes de modo continuo de los patrones climáticos de más de la mitad de la Tierra, situados en



órbitas geoestacionarias a una altitud de unos 35.400 kilómetros. Cualquier estación meteorológica equipada puede recibir sus transmisiones, como en los países ribereños a los cuales los satélites ayudan a mantener una vigilancia continua de las tormentas.

Por desgracia, los patrones fotográficos suministrados por los satélites tienen una utilidad limitada para los métodos modernos de predicción meteorológica, que se basan en el empleo de mediciones de la temperatura y la presión en el interior mismo de la atmósfera.

TEMA 3



Aplicando la información meteorológica

Compilación: Prof. Dionicio Guarayo Coria
Tec. María Elizabeth Aguilar Escalera

Objetivo holístico

Conoce y aplica la información de los elementos climáticos, mediante estrategias metodológicas y partiendo de sus conocimientos ancestrales para prevenir los daños en la agricultura.

Producto del módulo

El o la participante con los conocimientos adquiridos en meteorología elabora estrategias de prevención en el campo de la agricultura.

Aplicando la información meteorológica

3.1. Introducción

Como en los temas anteriores, comenzamos compartiendo sobre los conocimientos que tenemos, para ello respondemos a las siguientes preguntas.

Respondamos:

1. ¿Cuáles son los cultivos más importantes en tu región?
2. De los cultivos que nombraste, ¿cuál es el más rentable y por qué?
3. Utilizando como ejemplo el cultivo más importante en tu región, menciona las etapas que pasa en su ciclo vegetativo.
4. Anota el ciclo vegetativo de los principales cultivos de tu región.
5. Si existen frutales en tu zona, ¿qué cambios sufren en su desarrollo de manera notoria e importante?

3.2. Aspectos principales de la fenología

3.2.1. Concepto

Estudia la relación de los fenómenos periódicos de los seres vivos con las condiciones ambientales climáticas.

El término "fenómeno periódico" se refiere a la etapa de desarrollo en que se encuentra el ser vivo, la fenología se puede clasificar en:

- Fenología agrícola: se ocupa por ejemplo de: la floración, fructificación, madurez, etc.
- Fenología animal: se ocupa por ejemplo de: la migración de las aves, el pelecho de los animales, etc.

Las condiciones ambientales se refieren a la humedad, temperatura, presión atmosférica, luz, precipitación, vientos, que más adelante vimos con el nombre de meteoros, elementos del tiempo, elementos del medio ambiente físico.

Esquema



La periodicidad se puede entender como el inicio y final de un cambio que sufre el ser vivo.

Fisiológicamente se debe diferenciar entre crecimiento y desarrollo, veamos:

- Crecimiento es el aumento de tamaño y peso.
- Desarrollo es el cambio que sufre el ser vivo, por ejemplo, la maduración sexual.

3.2.2. fase

Fase es un término usado en fenología para diferenciar la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales o animales.

Así podemos distinguir las siguientes fases:

- Siembra.
- Germinación, nacimiento o emergencia.
- Macollamiento (cereales).
- Encañamiento.
- Brotamiento (frutales o forestales).
- Tuberización (tubérculos).
- Floración.
- Fructificación.
- Dehiscencia de cápsulas (algodón).
- Madurez.
- Cosecha.

3.2.3. Respuesta de los vegetales a los factores climáticos

Los cultivos rentables o simplemente los vegetales en su ciclo vegetativo hallan condiciones ambientales favorables en cuanto a temperatura, humedad duración del día, etc. Exigencias que varían según la especie y de acuerdo con la fase de desarrollo de las plantas.

La respuesta de las plantas ante los factores climáticos es variable y a veces tienen características muy particulares, como los que veremos a continuación:

a) Períodos críticos

Son breves momentos en el desarrollo de las plantas que son muy sensibles a un elemento meteorológico. Se producen poco antes o poco después de las fases, por ejemplo en el trigo (*triticum vulgare*) tiene un período crítico respecto a la lluvia a los 15 días que preceden la espigazón. Si en las dos semanas las lluvias son abundantes los rendimientos son elevados, si son escasas, serán bajos, aun cuando llueva en abundancia antes o después.

b) Fotoperiodismo

El fotoperiodismo es la influencia que ejerce la luz solar sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, en otras palabras, las plantas reaccionan frente a la duración del día, o sea, las horas totales en que se dispone de luz.

La duración del día alarga o acorta el ciclo de las plantas, actúa sobre la composición química e incide en su resistencia a las heladas y sequía.

Las variedades de floración temprana requieren días largos para florecer, en cambio, las de floración tardía requieren días cortos; acortando los días artificialmente se puede adelantar la floración de variedades tardías.

- **Plantas de día corto:**

Son aquellas que requieren menos de 12 a 14 horas, aceleran su ciclo adelantando su floración. Por ejemplo: haba (vicia faba) y maíz (zea mays). Este fenómeno se acentúa mientras la latitud disminuye.

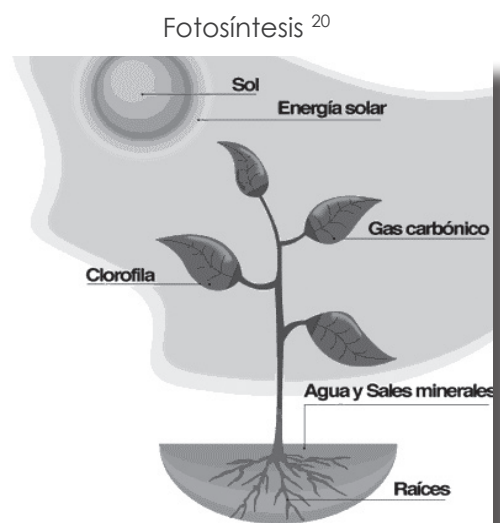
- **Plantas de día largo:**

Son las que requieren más de 12 a 14 horas, alargan su ciclo retrasando su floración, por ejemplo: trigo (triticum vulgare), avena (avena sativa), etc.

Existen otras especies indiferentes a la luz como es el caso del rábano (raphanus sativa).

c) Influencia de la luz de la luna

Influye en las plantas de días largos, cuando la luna está en cuarto creciente y llena; induce a florecer y producir semilla en vez de producir hojas, raíces.



La vid ²¹



d) Termoperiodismo

Es la reacción de las plantas a la temperatura, este elemento tiene efectos importantes en el desarrollo de los vegetales. La variación de la temperatura puede ser diaria, anual.

e) Precocidad

Es la característica de una variedad vegetal que en igualdad de condiciones climáticas cumple su ciclo vegetativo en un menor lapso que otra. No es un valor fijo, pues si una variedad es precoz en un lugar, en otra no lo es. En la precocidad influye bastante el fotoperiodismo.

e) Vernalización

El efecto de cierto número de días fríos sobre las plantas se denomina vernalización.

Algunas plantas como el trigo, son invernales o primaverales, los primeros son sembrados en otoño o invierno, mientras los segundos se siembran en primavera. Esta clase de especies requiere en su estado juvenil de una cantidad de días fríos (es decir, entre -2 a 10° C).

3.3. Cálculo de índices y valores agroclimáticos

Los índices y valores agroclimáticos son valores numéricos de gran utilidad, una herramienta importante y un requisito en la planeación agrícola.

²¹ Fuente: <http://www.sannicolasvid.com/wp-content/uploads/2012/08/Malbec.jpg>

Son parámetros valiosos en la caracterización del potencial agroclimático de una región. Mediante su cálculo se pueden estimar la relación que existe entre los elementos del tiempo y las exigencias de los cultivos.

De acuerdo a su importancia podemos considerar los siguientes:

- Radiación solar en la agricultura.
- La precipitación pluvial en la agricultura.
- Cálculo de las probabilidades de helada.
- Probabilidad de lluvia en la agricultura.

- Mejor desarrollo si son favorables la temperatura, humedad y duración del día.
- Los fenómenos periódicos (floración) son causados por la temperatura, precipitación y duración del día.
- Las plantas son sensibles a las desviaciones de los elementos climáticos, principalmente R_s , T° , P_p .

A continuación detallaremos cada uno de los factores que inciden en el ciclo vegetativo de las plantas e incorporaremos algo muy importante: Los cálculos numéricos para determinar requerimientos y probabilidades.

3.3.1. Radiación solar en la agricultura

Al decir duración del día nos estamos refiriendo a la radiación solar, es un factor importante en la agricultura, determinar sus valores y ayuda en los siguientes aspectos:

- Determinar la fecha de siembra, de manera que el ciclo vegetativo coincida con los requerimientos de radiación solar óptimo (en cultivos bajo riego).

- Para estimar la tasa de acumulación de materia seca por día y total de un cultivo.
- Es parte de las fórmulas que estiman las necesidades de agua de los cultivos y también para el balance de energía en plantas y animales.

a) Requerimiento de riego

Analicemos cada término por separado:

Requerimiento es la demanda, necesidad de agua en un periodo del ciclo vegetativo de las plantas, que no ha sido cubierto por la precipitación. Mientras que **riego** es la acción por el cual se aplica o incorpora agua al suelo, de acuerdo a la demanda a un plan preestablecido y un método pertinente, por tanto, el requerimiento de riego es la cantidad de agua que se debe aplicar para satisfacer las exigencias del cultivo.



El riego es una práctica que involucra principalmente:

- Infraestructura de riego
- Demanda de riego
- Planificación de riego

3.3.2. La precipitación pluvial en la agricultura

Por ser tan extensa, se ocupan disciplinas específicas como “Riegos y Drenajes” y el manejo de aguas corresponde a una ciencia aún más compleja: la Hidráulica.

La demanda de riego puede ser calculada de manera general utilizando la siguiente ecuación:

$$DR = \frac{UC - PP}{1 - L}$$

DR = Demanda de riego

UC = Uso consuntivo

PP = Precipitación pluvial

L = Pérdida por pendiente y tipo de suelo

b) Importancia del riego

El riego tiene una importancia vital para sostener la producción y no podemos olvidar que el desarrollo económico-social de un pueblo, de una nación, se apoya íntegramente en los medios de producción. En algunos casos, no solo es complementario a la lluvia, sino que procura mantener poblaciones vegetales en lugares semiáridos mejorando las expectativas económicas y ecológicas.



c) Clima y riego

Desde la climatología estudiaremos la relación que existe entre los elementos del tiempo que participan en las exigencias de agua y sobre todo, cómo el ciclo del agua influye en las necesidades de las plantas; dejando de lado la infraestructura y planificación.

Por tanto se considerará principalmente:

- Los factores climáticos como: radiación solar, temperatura, vientos, que inciden directamente sobre la evapotranspiración (ETP) y el "Uso Consuntivo".
- Mediante el balance de humedad que hace uso de la Pp y la ETP se podrá determinar la cantidad de agua en mm que requiere el cultivo en una fase de desarrollo.

d) Balance de Humedad

Conocido también como Balance Hídrico, es una herramienta y un requisito en la planeación agrícola; es la medición matemática de ingresos y pérdidas de agua (entradas y salidas).

La precipitación se constituye en el aporte principal y la evapotranspiración potencial en las pérdidas hídricas. La diferencia entre ambos es uno de los factores más útiles para determinar las posibilidades agrícolas de una zona.

La humedad en el suelo es dinámica; determinar las variaciones en cantidades y momentos es tarea del balance hídrico. Utiliza información de la Pp, ETP, ciclo vegetativo y la capacidad del suelo para almacenar agua. Mediante el balance de humedad del suelo o balance hídrico se puede obtener índices de sequía o de exceso de humedad, los cuales son parámetros valiosos en la caracterización del potencial agroclimático de una región. Otra utilidad es que mediante su cálculo se pueden estimar las necesidades de agua de los cultivos, así como el momento más oportuno para aplicar los riegos.

e) Cálculo del Balance de Humedad

La determinación de la humedad del suelo en la cual intervienen varios factores, es difícil realizarla mediante instrumentos, pero puede calcularse indirectamente con el balance hídrico (aportes, movimientos y pérdidas).

Para el cálculo del balance hídrico se pueden aplicar varios métodos, uno de ellos es el método hidrológico, que define la siguiente ecuación:

$$Pp + R = ET + I + E + \Delta H$$

	Pp	=	Precipitación pluvial
	R	=	Riego
Dónde:	ET	=	Evapotranspiración
	I	=	Infiltración o percolación
	E	=	Escorrentía
	ΔH	=	Variación de la humedad de suelo

Antes de aplicar el método describiremos primeramente los componentes del balance.

- **Cálculo de los componentes del balance hídrico:**

Los componentes para calcular el balance hídrico, básicamente son: precipitación pluvial, riego o irrigación, evapotranspiración, infiltración o percolación, escurrimiento y capacidad de almacenamiento de humedad del suelo.

- La precipitación riego o irrigación puede medirse sin problema.
- La infiltración puede medirse directamente en el campo utilizando un infiltrómetro de cilindro.
- La escorrentía puede estimarse por diferencia.
- La capacidad de almacenamiento o retención de humedad del suelo puede ser estimada directa o indirectamente. Los métodos para su estimación se pueden dividir en tres grupos:

I) Método de laboratorio.

II) Método de campo.

III) Componentes de textura.

En los tres métodos se consideran dos constantes muy importantes: la Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchités Permanente (PMP).

La Capacidad de Campo (CC) es la saturación máxima de humedad del suelo, o sea, la cantidad máxima de agua que puede contener el suelo.

El Punto de Marchités Permanente (PMP) indica la cantidad de humedad que existe en suelo imposible de ser absorbida por las plantas.

3.4. Cálculo de probabilidades de helada

En regiones templadas o templado-frías, es importante conocer la estación de crecimiento o sea el período en el cual puede desarrollarse un cultivo de siembra a cosecha. En estas regiones la estación de crecimiento comúnmente es determinada de la ocurrencia de la última (primavera) a la primera helada (otoño).

Para el cálculo de probabilidades de ocurrencia de primera y última helada se pueden utilizar tanto métodos gráficos (distribución acumulativa) como distribuciones continuas (normal, log-normal, etc.).

Las probabilidades de primera y última helada, así como el período libre de heladas se pueden calcular haciendo uso de la distribución acumulativa. Para ilustrar la aplicación de la distribución acumulativa, se utilizarán los datos de primera y última helada para los años en que éstas se presentaron en la estación climatológica de Chinoli-Potosí, para la serie histórica de 1963 a 1991.

Helada²²



Para calcular probabilidades con esta distribución, primero se necesita calcular la frecuencia acumulada (F_a). Ésta se obtiene:

²² Fuente: http://old.nvnoticias.com/sites/default/files/fotos/2014/11/29/productores_2.jpg

Última helada:

$$Fa = 1 - \frac{K}{m + 1}$$

Primera helada:

$$Fa = \frac{K}{m + 1}$$

- Para el 11 de marzo el valor de Fa sería:

$$Fa = \frac{K}{m + 1} = \frac{1}{20 + 1} = 0,0476$$

Para el 13 de septiembre el valor de Fa sería:

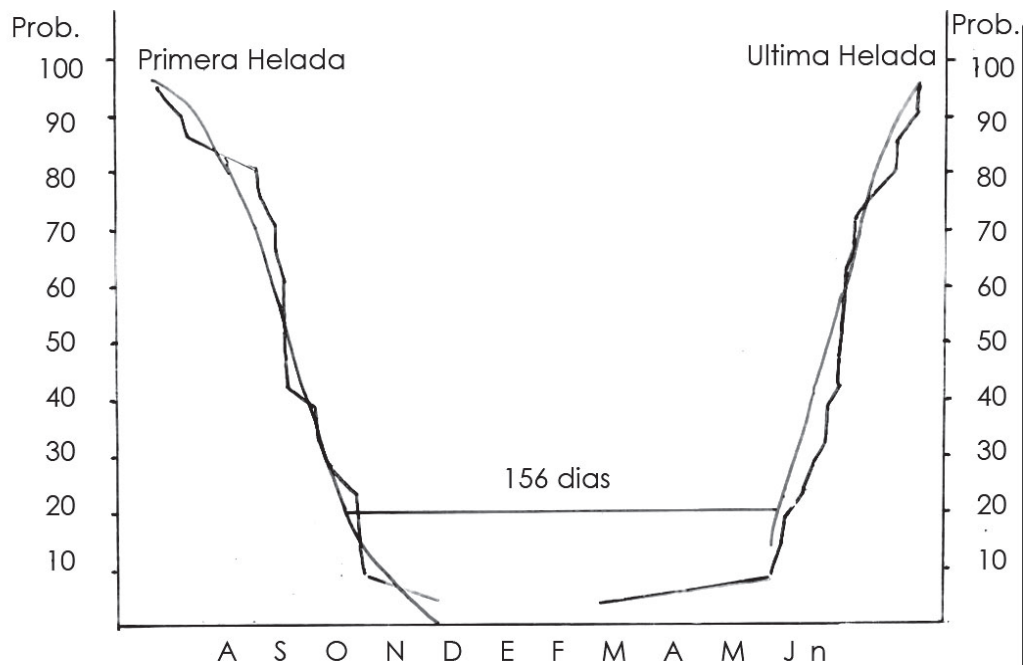
$$Fa = 1 - \frac{K}{m + 1} = 1 - \frac{1}{20 + 1} = 0,9524$$

Los valores de Fa así obtenidos, tanto por primera como última heladas se grafican y a partir de éstas se pueden calcular probabilidades.

El siguiente cuadro ofrece todos los valores calculados para la distribución acumulativa que determine las probabilidades de

ocurrencia de la primera y última helada con los datos de la estación de Chinoli-Potosí.

FECHA	PRIMERA HELADA (K)		FA	FECHA	ÚLTIMA HELADA (K)		FA
Mar. 11	01	0.0476	Ago. 25		01	0.9524	
Mar. 28	02	0.0952	Sep. 11		02	0.9048	
Abr. 04	03	0.1429	Sep. 13		03	0.8571	
Abr. 08	04	0.1905	Sep. 16		04	0.8095	
Abr. 09	05	0.2381	Sep. 17		05	0.7619	
Abr. 10	06	0.2857	Sep. 18		06	0.7143	
Abr. 12	07	0.3333	Sep. 23		07	0.6666	
Abr. 15	08	0.3810	Sep. 24		08	0.6190	
Abr. 16	09	0.4286	Sep. 25		09	0.5714	
Abr. 20	10	0.4762	Sep. 25		10	0.5238	
Abr. 23	11	0.5238	Sep. 27		11	0.4762	
May. 01	12	0.5714	Sep. 30		12	0.4286	
May. 03	13	0.6190	Sep. 30		13	0.3810	
May. 04	14	0.6666	Oct. 02		14	0.3333	
May. 12	15	0.7143	Oct. 07		15	0.2857	
May. 13	16	0.7619	Oct. 09		16	0.2381	
May. 16	17	0.8095	Oct. 12		17	0.1904	
May. 18	18	0.8571	Oct. 27		18	0.1429	
May. 22	19	0.9048	Oct. 28		19	0.0952	
Jun. 05	20	0.9524	Nov. 29		20	0.0476	



3.5. Probabilidades de lluvia en la agricultura

La producción de los cultivos en áreas de secano está determinada en gran parte por la cantidad y oportunidad del agua de lluvia. En estas áreas para desarrollar tecnología agrícola orientada a incrementar y estabilizar la producción de cultivos se requiere de un entendimiento de la variación en tiempo y espacio de los elementos climáticos y de su influencia sobre el rendimiento de los cultivos.



Bajo estas condiciones, la cuantificación de la precipitación pluvial en términos de probabilidad y no de promedios aritméticos resulta de primordial importancia, ya que en la mayoría de los casos, la lluvia es el factor clave para determinar el potencial de producción agrícola.

A través del cálculo de probabilidades de lluvia es posible determinar y optimizar varias actividades agrícolas, tales como: fechas de siembra, fechas de cosecha, duración del período húmedo disponible para el desarrollo de cultivos, selección de especies tolerante a la sequía, práctica de captación de agua de lluvia, dosis de fertilizante para aplicar a un cultivo, necesidades de riego de los cultivos, etc.

En el cálculo de probabilidades de lluvia pueden utilizarse diversos métodos; el método a emplearse dependerá de los objetivos y de la precisión requerida, es decir, aquel que describa en forma razonable los datos observados. Entre estos métodos se pueden citar:

- a) El método de frecuencias
- b) La distribución acumulativa
- c) La distribución normal
- d) La distribución gama

a) Método de frecuencias

El método más simple para calcular las probabilidades de lluvia es agrupando los datos en clases de igual intervalo y que abarque el rango observado.

Para ilustrar este método, haremos uso de información de precipitación pluvial de Chinoli Potosí, correspondiente al mes de diciembre.

Año	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
mm/mes	67	136	149	130	41	155	95	67	75	78	91	53	162	87	60

El valor más alto es de 162 mm y el más bajo 41 mm; si se usan clases de intervalos de 20 mm. se obtiene:

Clase	Frecuencia
0 – 19	0
19 – 39	0
40 – 59	2
60 – 79	5
80 – 99	3
100 – 119	0
120 – 139	2
140 – 159	2
160 – 179	1
180 – 199	0

Una aproximación de la probabilidad de lluvia para una cantidad dada es obtenida dividiendo el número de veces que la cantidad seleccionada cae dentro de una clase por el número de años con registros.

Ejemplo:

¿Cuál es la probabilidad de que la precipitación mensual sea igual o mayor que 80 mm? $P(\text{lluvia} \geq 80 \text{ mm})$ esta será igual a $8/15 = 0.53$ ó 53 %, es decir, 2 de cada 4 años para un periodo largo de tiempo la precipitación será igual o mayor que 80 mm.

3.6. Previsión del tiempo

La predicción del tiempo ha desafiado al hombre desde los tiempos más remotos y buena parte de la sabiduría, acerca del mundo exhibida por los diferentes pueblos se ha identificado con la previsión del tiempo y los almanaques climatológicos.

Con el uso de las primeras computadoras, fue posible aplicar las teorías fundamentales de la termodinámica y la hidrodinámica al problema de la predicción climatológica y en nuestros días las grandes computadoras sirven para generar previsiones en beneficio de la agricultura, la industria y los ciudadanos en general.

Las observaciones mejoraron después de la década del cuarenta, cambiando viejos conceptos sobre la circulación atmosférica y surgen nuevas teorías sobre la predicción del tiempo.

3.6.1. Previsiones meteorológicas y sus modificaciones

Los métodos empleados en la previsión del tiempo, han experimentado una serie de cambios rápidos desde la II Guerra Mundial, en respuesta a los avances en la tecnología de los equipos informáticos, los satélites y las comunicaciones. Las investigaciones prosiguen con el mismo ímpetu, por lo que cabe esperar que se produzcan muchos más cambios en la próxima década.

3.6.2. Recogida de datos

Los datos recogidos por estaciones de superficie, radiosondas y satélites meteorológicos son enviados a todos los centros conectados vía mensajes codificados, centralizando la Organización Mundial de Meteorología (OMM). Los informes intercambiados pueden estar disponibles hasta en una hora.

3.6.3. Transmisión de datos

Los mapas climatológicos elaborados por analistas expertos, son enviados con mayor rapidez a meteorólogos de campo mediante el uso de fax. Ciertos análisis de las condiciones en la atmósfera superior son realizados mediante computadoras, los cálculos matemáticos se traducen en mapas que se transmiten vía fax a las estaciones locales para su empleo en previsiones climatológicas numéricas.

3.6.4. Modelos climatológicos

La atmósfera es demasiado grande y compleja como para predecir con exactitud su comportamiento, incluso con los equipos más poderosos, pero es posible construir análogos matemáticos, o modelos, bastante realistas. En el modelo más simple sólo se predicen las condiciones a un único nivel.

Valiéndonos de las computadoras se pueden construir modelos climatológicos. (Centro europeo para la previsión meteorológica a plazo medio situado en Inglaterra).

Los modelos realizados al mismo tiempo pueden alcanzar nueve niveles. Las ecuaciones permiten calcular los cambios atmosféricos para cada nivel en tan sólo 10 minutos después de realizadas las observaciones. Se tiene resultados para las 12, 24, 36, 48 y 72 horas de modo automático sobre mapas y estos son transmitidos vía facsímil a las estaciones.

3.6.5. Interpretación de los datos

Los modelos no son representaciones perfectas de la atmósfera, ya que se ve afectado por las condiciones locales, por tanto, las previsiones requieren habilidad interpretativa; algunos meteorólogos pueden modificar de acuerdo a su experiencia.

Los métodos estadísticos basados en el comportamiento de la atmósfera durante un largo periodo de tiempo permiten la predicción con referencia a la conducta antes observada. Este método puede determinar la probabilidad de que se produzcan varios eventos alternativos (probable que nieve 20%, que llueva 50% y buen tiempo 30%). Una predicción categórica de lluvia sería de escasa utilidad para planificar muchas actividades.

3.6.6. Fiabilidad de las previsiones

La precisión de las previsiones meteorológicas es relativa, en los últimos años se le atribuye una precisión de 80 a 85% en plazos de un día. Los modelos numéricos han mejorado la exactitud de las previsiones meteorológicas en comparación a los métodos subjetivos, hoy es posible predicciones para periodos de hasta cinco días.

3.6.7. Esfuerzo por modificar el clima

Las precipitaciones son procesos complejos que no se conocen bastante; trabajos teóricos sugieren que la precipitación se ve favorecida por la presencia de diminutos cristales de hielo.

En época reciente, los meteorólogos han investigado la posibilidad de prevenir granizos o generar precipitaciones rociando las nubes con cristales de yoduro de plata.

El método de rociar estas nubes de baja temperatura con partículas de yoduro de plata, adoptado por muchas empresas comerciales, produjo

resultados insatisfactorios, en especial cuando las partículas habían sido dispersadas por medio de generadores situados en tierra en vez de ser lanzadas desde aviones.

Es posible conseguir que los cúmulos cálidos con corrientes ascendentes liberen lluvia por medio de pulverizaciones de agua o rociándolos con partículas de sal.

Autoevaluación

Aplicando nuestros conocimientos y experiencias:

1. Averiguemos las siguientes palabras:

Balance:

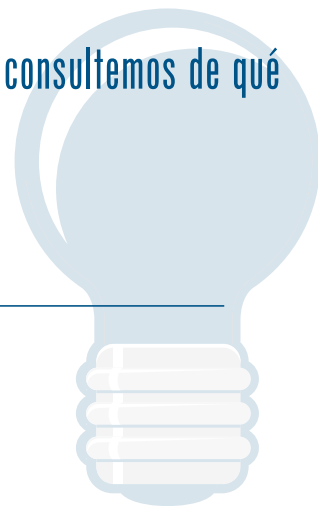
Índice:

Probabilidad:

Coordenada:

2. Especifica el tamaño de tu terreno mencionando cada cuántos días lo riegas y que tiempo tardas en regar.

3. Averiguemos en qué consiste la práctica de aforar, consultemos de qué manera se realiza esta medición.

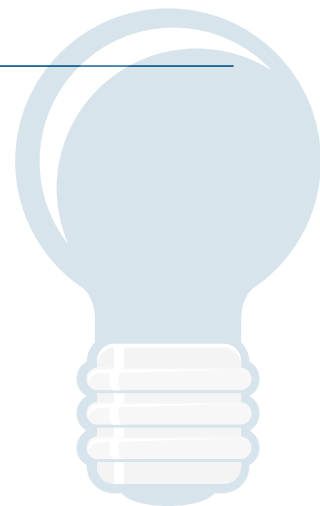


4. Realiza el siguiente experimento:

Utiliza una maceta pequeña con una planta o en último caso una rama recién cortada con varias hojas; tapa la rama o la planta con un frasco o un descartable previamente cortado, al cabo de unas dos horas ¿qué puedes observar? Anota lo que distingues.

5. ¿Crees que las plantas transpiran igual que las personas?
Si tu ta es afirmativa, ¿entonces por qué lugar u órgano transpiran?

6. Explica en qué consiste el fenómeno de evaporación.



Glosario de términos

Meteorología. Estudio de la atmósfera y la Tierra.

Biosfera. Naturaleza, constituida por seres orgánicos.

Atmósfera. Es la capa gaseosa que envuelve a la tierra.

Tropos. Cambio, mudanza.

Sinópticas. Es el pronóstico del tiempo actual, en mapas o cartas sinópticas.

Climatológicas. Determinan los elementos del tiempo.

Aeronáuticas. Se dedican especialmente a pronosticar para fines de aviación.

Agrícolas. Brindan información para fines agropecuarios.

Fenología. Estudia la relación de los fenómenos periódicos de los seres vivos.

Fenología agrícola. Se ocupa de la floración, fructificación, madurez, etc.

Fenología animal. Se ocupa de la migración de las aves.

Bibliografía

- Atlas de la meteorología - Ilustración, "El maravilloso mundo de la ciencia".
- Candel, R.V. (1972). Atlas de la Meteorología. Barcelona – España.
- De fina, A.L. (1979). Los Elementos Climáticos y los Cultivos. Buenos Aires – Argentina.
- Hidalgo, G.A. (1975). Métodos Modernos de Riego de Superficie. Madrid – España
- Mariscal, A. (1992). Agroclimatología. Potosí – Bolivia.
- Olivier, H. (1969). Riego y Clima. Villarpando, J.F. (1988). Evaluación de los Recursos Climáticos para la Agricultura en Bolivia. La Paz – Bolivia.

La agroclimatología

en el Altiplano



Aprender produciendo

www.formaciontecnicabolivia.org
Formación Técnica Profesional Bolivia