



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SINALOA DE LEYVA

PERIODO SABÁTICO: REPORTE INTERMEDIO

PERIODO DE FEBRERO AL 31 DE JULIO DE 2024

B) PROGRAMA PARA LA ELABORACIÓN DE APUNTES, LIBROS, OBJETIVOS EDUCACIONALES Y REACTIVOS DE EVALUACIÓN

MODALIDAD B.1 ELABORACIÓN DE APUNTES / B 1.2 ELABORACIÓN DE APUNTES DE ASIGNATURA (S):

METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA: IHC-1021

INGENIERÍA HIDROLÓGICA 2010-236

ELABORADO POR: JORGE LUIS LÓPEZ VARGAS

Sinaloa de Leyva Sinaloa, agosto 2024





METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

IHC-1021

INGENIERÍA HIDROLÓGICA

2010-236



CONTRIBUCIÓN ACADÉMICA:

La creación de apuntes académicos en la asignatura de Meteorología y Climatología representa una contribución significativa al ámbito educativo, especialmente en la carrera de Ingeniería Hidrológica. Estos apuntes sirven como una herramienta esencial para que los estudiantes comprendan los conceptos básicos y avanzados de los fenómenos atmosféricos y su influencia en el ciclo hidrológico y medio ambiente. La disponibilidad de apuntes bien estructurados facilita el aprendizaje autónomo y asegura que los estudiantes tengan acceso a información precisa y actualizada.

Uno de los principales beneficios de estos apuntes es la consolidación de información dispersa en un único recurso comprensible y accesible. La meteorología y la climatología abarcan una vasta cantidad de datos y teorías provenientes de diversas fuentes. Al sintetizar esta información, los apuntes proporcionan una guía clara y coherente que permite a los estudiantes seguir un hilo conductor lógico, mejorando así su comprensión y retención del material.

Además, la creación de apuntes fomenta la personalización del contenido educativo. Los docentes pueden adaptar los apuntes a las necesidades específicas de sus estudiantes y al contexto local. Por ejemplo, en una región particular, ciertos fenómenos meteorológicos pueden ser más relevantes que otros. Los apuntes pueden resaltar estos fenómenos, proporcionando ejemplos locales que los estudiantes pueden relacionar fácilmente con su entorno, haciendo el aprendizaje más relevante y aplicado.

La elaboración de apuntes también contribuye al desarrollo de habilidades críticas en los estudiantes, como la capacidad de analizar datos meteorológicos y climáticos. Los apuntes pueden incluir ejercicios prácticos y estudios de caso que desafíen a los estudiantes a aplicar los conceptos teóricos a situaciones reales. Este



enfoque práctico no solo refuerza el aprendizaje, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar problemas complejos en su futura carrera profesional.

Desde una perspectiva pedagógica, los apuntes bien diseñados pueden mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje. Permiten a los docentes planificar y estructurar mejor sus clases, asegurando que todos los temas importantes se cubran de manera exhaustiva y que se mantenga una progresión lógica en el contenido. Además, los apuntes pueden servir como una referencia continua para los estudiantes, tanto durante el curso como después de su finalización, facilitando la revisión y el repaso de los conceptos clave.

Otra ventaja crucial de los apuntes es su capacidad para estandarizar el contenido educativo. En una disciplina técnica como la ingeniería hidrológica, es fundamental que todos los estudiantes tengan una base sólida y uniforme de conocimientos. Los apuntes garantizan que se transmita información coherente y de alta calidad a todos los estudiantes, independientemente de las diferencias en los estilos de enseñanza individuales de los docentes.

La tecnología también juega un papel importante en la creación y distribución de apuntes de meteorología y climatología. Los recursos digitales, como los apuntes electrónicos y las plataformas de aprendizaje en línea, permiten una actualización constante del contenido y facilitan el acceso a materiales adicionales, como simulaciones interactivas y bases de datos meteorológicas en tiempo real. Esto enriquece el proceso de aprendizaje y mantiene a los estudiantes al día con los últimos avances en la disciplina.

Finalmente, la creación de apuntes en esta área no solo beneficia a los estudiantes y docentes, sino que también contribuye al campo académico en general. Al documentar y sistematizar el conocimiento existente, los apuntes pueden ser una base para futuras investigaciones y desarrollos en meteorología y climatología.



RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS:

AL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

AL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SINALOA DE LEYVA

A LA ACADEMIA DE INGENIERÍA HIDROLÓGICA

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
TEMA 1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	3
1.1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	5
1.1.1. METEOROLOGÍA	5
1.1.1.1. HISTORIA DE LA METEOROLOGÍA	6
1.1.1.2. RAMAS DE LA METEOROLOGÍA	7
1.1.1.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS.....	7
1.1.1.4. ESTACIONES METEOROLÓGICAS	8
1.1.1.5. OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS	9
1.1.2. CLIMATOLOGÍA	10
1.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS METEOROS	12
1.1.3.1. HIDROMETEOROS	12
1.1.3.2. FOTOMETEOROS.....	25
1.1.3.3. ELECTROMETEOROS.....	27
1.2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y CLIMATOLÓGICAS	30
1.2.1. RED METEOROLÓGICA.....	31
1.2.2. CLASIFICACIÓN DE ESTACIONES.....	34
1.2.3. INSTRUMENTAL DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA	36
1.3. COMPLEMENTOS EDUCACIONALES	43
ANEXO 1: EJERCICIO 1-A.....	46
TEMA 2. ATMÓSFERA	47
2.1. COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA.....	47
2.1.1. PROPIEDADES Y TERMODINÁMICA DE LA ATMOSFERA	49
2.1.1.1. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA ATMÓSFERA	49
2.1.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ATMÓSFERA	49

2.2.	ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMÓSFERA.....	54
2.2.1.	TROPOSFERA	54
2.2.2.	ESTRATOSFERA	55
2.2.3.	MESOSFERA.....	55
2.2.4.	TERMÓSFERA	56
2.2.5.	EXÓSFERA.....	56
2.3.	EFFECTO INVERNADERO	56
2.3.1.	DEFINICIÓN E IMPORTANCIA	56
2.3.2.	GASES INVERNADERO.....	58
2.4.	COMPLEMENTOS EDUCACIONALES	60
	ANEXO 2 – EJEMPLO DE CUESTIONARIO DEL CUESTIONARIO 1.....	63
	ANEXO 3 – CASO DE ESTUDIO 2.....	65
	ANEXO 4 - EJEMPLO DE POSTER: ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMOSFERA.....	67
	TEMA 3. FACTORES Y ELEMENTOS DEL CLIMA.....	68
3.1.	LONGITUD, LATITUD Y ALTITUD, DISTRIBUCIÓN DE TIERRAS Y AGUAS, VEGETACIÓN Y RELIEVE	68
3.2.	RADIACIÓN SOLAR	72
3.2.1.	COMPOSICIÓN DE RADIACIÓN SOLAR	72
3.2.2.	BALANCE DE LA RADIACIÓN SOLAR	74
3.2.3.	MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN.....	77
3.3.	TEMPERATURA.....	79
3.3.1.	DEFINICIÓN DE TEMPERATURA Y CALOR.....	79
3.3.2.	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA.....	80
3.3.3.	PERFIL VERTICAL DE LA TEMPERATURA.....	82
3.3.4.	HELADAS	84

3.3.5.	EFFECTOS DE LA TEMPERATURA.....	87
3.3.6.	PROBABILIDAD DE LOS EVENTOS ESTOCÁSTICOS Y PREDICCIÓN	87
3.4.	PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y VIENTOS	89
3.4.1.	DEFINICIÓN	89
3.4.2.	GRADIENTES DE PRESIÓN.....	90
3.4.3.	CENTROS DE ALTA Y BAJA PRESIÓN	90
3.4.4.	CICLONES.....	91
3.4.5.	ANTICICLONES.....	93
3.4.6.	MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN.....	94
3.5.	HUMEDAD ATMOSFÉRICA Y PRECIPITACIÓN	95
3.5.1.	TIPOS DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA.....	95
3.5.2.	NUBES.....	96
3.5.2.1.	CLASIFICACIÓN DE LAS NUBES.....	99
3.5.3.	TIPOS Y FORMAS DE PRECIPITACIÓN	99
3.5.4.	DISTRIBUCIÓN DE LLUVIAS.....	101
3.5.5.	MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN.....	102
3.5.6.	PSICROMETRÍA.....	104
3.6.	EVAPOTRANSPIRACIÓN	105
3.7.	COMPLEMENTOS EDUCACIONALES	106
TEMA 4.	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	109
4.1.	SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	110
4.1.1.	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN.....	110
4.1.1.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE CLIMAS SEGÚN KÖPPEN	110
4.1.2.	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE.....	123

4.1.3.	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE PAPADAKIS	127
4.1.3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE PAPADAKIS	128
4.1.4.	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE LA UNESCO-FAO	136
4.1.5.	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN MODIFICADO POR ENRIQUETA GARCÍA	139
4.2.	COMPLEMENTOS EDUCACIONALES	140
BIBLIOGRAFÍA		143
SITIOS WEB		144
INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA PARA LA FORMACIÓN Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES		145

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Simbología utilizada en meteorología	10
Ilustración 2. Cumulus congestus y Stratocumulus cumulogenitus	13
Ilustración 3. Niebla	14
Ilustración 4. Llovizna	16
Ilustración 5. Granizo.....	17
Ilustración 6. Ventisca alta.....	18
Ilustración 7. Rociones y un arco por rociones marinas	19
Ilustración 8. Rocío	20
Ilustración 9. Escarcha propiamente dicha	21
Ilustración 10. Tornado	22
Ilustración 11. Tromba marina	23
Ilustración 12. Calima	24
Ilustración 13. Tempestad de polvo	25
Ilustración 14. Manifestación de un halo	26
Ilustración 15. Arco iris primario con arcos supernumerarios	27
Ilustración 16. Relámpago reptador.....	28
Ilustración 17. Aurora polar.....	29
Ilustración 18. Estación meteorologica	31
Ilustración 19. Termómetro.....	37
Ilustración 20. Barómetro.....	38
Ilustración 21. Higrómetro.....	39
Ilustración 22. Anemómetro.....	39
Ilustración 23. Veleta	40
Ilustración 24. Pluviómetro	40
Ilustración 25. Piranómetro	41
Ilustración 26. Heliógrafo	41
Ilustración 27. Heliógrafo	42
Ilustración 28. Heliógrafo	42
Ilustración 29. Radiación solar.....	73

Ilustración 30. La superficie urbana más oscura absorbe más calor durante el día provocando isla de calor urbano.	75
Ilustración 31. Escala de temperatura.	82
Ilustración 32. Perfiles medios de la temperatura potencial de cada estación del año en intervalos de 3 horas	83
Ilustración 33. Tipos de heladas	85
Ilustración 34. Pronóstico de heladas agrometeorológicas	88
Ilustración 35. Nubes altas	97
Ilustración 36. Nubes de nivel medio	97
Ilustración 37. Nubes bajas	98
Ilustración 38. Nubes de Desarrollo Vertical.....	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las estaciones meteorológicas	8
Tabla 2. Formas de nubes asociadas a cada tipo de hidrometeoro que precipita	15
Tabla 3. Complementos educacionales del tema 1. Antecedentes y Generalidades	43
Tabla 4. Complementos educacionales del Tema 2. Atmósfera	60
Tabla 5. Complementos educacionales del Tema 3. Factores y elementos del clima	106
Tabla 6. Climas Tropicales.....	111
Tabla 7. Grados de aridez.....	113
Tabla 8. Régimen de temperaturas.....	113
Tabla 9. Climas secos.....	113
Tabla 10. Régimen de lluvias.....	115
Tabla 11. Comportamiento de las temperaturas en verano	115
Tabla 12. Climas templados.....	116
Tabla 13. Climas Continentales (inviernos muy fríos)	119
Tabla 14. Climas continentales o de inviernos muy fríos	120
Tabla 15. Climas polares	122
Tabla 16. Condiciones para el tipo de humedad.....	124
Tabla 17. Variación estacional de la humedad	125
Tabla 18. Evapotranspiración potencial o eficacia térmica.	125
Tabla 19. Tipos de concentración estival de la eficacia térmica	126
Tabla 20. Tipos de invierno.....	128
Tabla 21. Tipos de verano	130
Tabla 22. Climas anuales térmicos	132
Tabla 23. Climas mensuales hídricos	133
Tabla 24. Regímenes hídricos	134
Tabla 25. Constante función de la humedad	137
Tabla 26. Clasificación por temperatura	138
Tabla 27. Tipos de invierno.....	138
Tabla 28. Subdivisiones por aridez	138

Tabla 29. Complementos educativos del Tema 4. Clasificación climática 140

METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

La meteorología y la climatología son dos disciplinas científicas interrelacionadas que estudian la atmósfera de la Tierra, aunque con enfoques y objetivos distintos. La meteorología se centra en el análisis y la predicción del tiempo atmosférico a corto plazo, abarcando fenómenos como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, el viento y las precipitaciones. Utiliza una combinación de observaciones, modelos numéricos y técnicas estadísticas para prever condiciones meteorológicas en periodos que van desde horas hasta unos pocos días. Por otro lado, la climatología se enfoca en el estudio de los patrones y tendencias del clima a lo largo del tiempo, generalmente en periodos que abarcan décadas, siglos o incluso milenios. Analiza cómo los factores atmosféricos interactúan con los océanos, la superficie terrestre y la actividad humana para comprender las variaciones climáticas y proyectar posibles escenarios futuros.

La meteorología tiene una historia rica y multifacética, que se remonta a las primeras civilizaciones que observaron y registraron los patrones del tiempo para predecir fenómenos naturales y planificar actividades agrícolas. Con el tiempo, el desarrollo de instrumentos como el termómetro, el barómetro y el anemómetro permitió mediciones más precisas y sistemáticas de las condiciones atmosféricas. En la era moderna, los avances tecnológicos han transformado la meteorología en una ciencia altamente sofisticada. Los satélites meteorológicos proporcionan datos globales en tiempo real, mientras que los radares doppler y las estaciones meteorológicas automáticas ofrecen información detallada a nivel local. Estos datos, combinados con poderosos modelos de simulación por computadora, han mejorado significativamente la precisión de las previsiones meteorológicas, salvando vidas y protegiendo propiedades al permitir respuestas rápidas y eficaces a fenómenos meteorológicos severos.

La climatología, por su parte, estudia los climas en una escala temporal mucho mayor. Al analizar registros históricos de temperatura, precipitación y otras variables climáticas, los climatólogos buscan identificar tendencias y variaciones a largo plazo. Estos estudios son cruciales para comprender fenómenos como el

cambio climático, la oscilación del Niño y la Niña, y la variabilidad climática natural. La climatología también incorpora datos obtenidos de registros paleoclimáticos, como anillos de árboles, núcleos de hielo y sedimentos oceánicos, que ofrecen una perspectiva sobre los climas pasados y los factores que han influido en su evolución. Además, el uso de modelos climáticos avanzados permite a los científicos proyectar cómo podrían cambiar los climas futuros en respuesta a diversos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero y otros factores antropogénicos.

La relación entre la meteorología y la climatología es intrínseca, ya que las observaciones meteorológicas a corto plazo alimentan los estudios climáticos a largo plazo. Los datos recopilados por los meteorólogos no solo son esenciales para las predicciones diarias, sino que también se integran en bases de datos climáticas que los climatólogos utilizan para analizar tendencias y cambios en el clima global.

Esta colaboración interdisciplinaria es fundamental para abordar los desafíos actuales y futuros relacionados con el cambio climático, la gestión de recursos naturales y la mitigación de desastres naturales. En un contexto de cambio climático acelerado, la comprensión profunda de ambas disciplinas es más crucial que nunca para la toma de decisiones informadas y la implementación de políticas efectivas.

TEMA 1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

La meteorología y la climatología son dos disciplinas científicas estrechamente relacionadas que estudian los fenómenos atmosféricos y el clima. La meteorología se centra en el análisis y la predicción de los fenómenos atmosféricos a corto plazo, mientras que la climatología se ocupa del estudio de los patrones climáticos a largo plazo. Desde sus inicios, ambas ciencias han evolucionado significativamente, apoyadas en avances tecnológicos y metodológicos que han permitido una comprensión más profunda de los sistemas atmosféricos y climáticos (Barry y Chorley, 2003).

Los primeros estudios sistemáticos de la meteorología se remontan a las antiguas civilizaciones, donde se observaban patrones climáticos para predecir el tiempo y planificar actividades agrícolas. Los griegos, por ejemplo, desarrollaron teorías sobre los fenómenos meteorológicos, siendo Aristóteles uno de los primeros en escribir un tratado sobre meteorología en el siglo IV a.C. Sin embargo, fue en el siglo XVII cuando la meteorología comenzó a desarrollarse como una ciencia con la invención de instrumentos como el barómetro y el termómetro, que permitieron medir las condiciones atmosféricas de manera más precisa (Wark, 1986).

El siglo XX trajo consigo avances significativos en la meteorología, especialmente con la introducción de la telegrafía y, posteriormente, los satélites meteorológicos. Estos avances permitieron la transmisión rápida de datos meteorológicos y la observación de fenómenos a gran escala. La modelización numérica del clima, que utiliza ecuaciones matemáticas para simular la atmósfera, se convirtió en una herramienta esencial para la predicción del tiempo. Hoy en día, los meteorólogos utilizan sofisticados modelos computacionales y una amplia red de observaciones globales para generar pronósticos precisos (Lynch, 2008).

La climatología, aunque relacionada con la meteorología, se centra en el estudio de los climas y sus variaciones a lo largo del tiempo. Esta ciencia analiza datos a largo plazo para identificar tendencias y cambios en los patrones climáticos. Los climatólogos estudian registros históricos y paleoclimáticos, como los núcleos de hielo y los anillos de los árboles, para entender cómo ha cambiado el clima en el

pasado y cómo podría cambiar en el futuro. Estos estudios son fundamentales para comprender el impacto de factores naturales y antropogénicos en el clima global (Bradley, 2015).

La comprensión moderna del clima y sus variaciones se ha vuelto crucial en el contexto del cambio climático. Los científicos han desarrollado modelos climáticos que proyectan posibles escenarios futuros basados en diferentes niveles de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos modelos han mostrado consistentemente que el aumento de las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero está llevando a un calentamiento global, con consecuencias potencialmente graves para los ecosistemas y las sociedades humanas (IPCC, 2021).

La colaboración internacional y el intercambio de datos son esenciales para el avance tanto de la meteorología como de la climatología. Organizaciones como la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) juegan roles cruciales en la coordinación de investigaciones y en la provisión de datos y análisis que informan políticas y estrategias globales. Estas organizaciones también ayudan a estandarizar los métodos de observación y predicción, facilitando la cooperación entre científicos de todo el mundo.

En conclusión, la meteorología y la climatología son ciencias complementarias que han avanzado enormemente gracias a la tecnología y la colaboración internacional. La meteorología se enfoca en la previsión del tiempo a corto plazo, mientras que la climatología estudia los patrones climáticos a largo plazo. Ambas son esenciales para comprender y abordar los desafíos asociados con el cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos, proporcionando herramientas vitales para la planificación y la mitigación de riesgos en diversas áreas de la sociedad.

1.1. CONCEPTOS BÁSICOS

La meteorología y la climatología son ciencias fundamentales para comprender los fenómenos atmosféricos que afectan nuestra vida diaria y el medio ambiente. La meteorología se enfoca en el estudio de la atmósfera y los procesos que la gobiernan a corto plazo, como el tiempo y las condiciones meteorológicas diarias. Esta disciplina analiza variables como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, el viento y la precipitación, utilizando herramientas y tecnologías avanzadas para realizar pronósticos precisos. Por otro lado, la climatología estudia los patrones y tendencias a largo plazo del clima de una región o del planeta, considerando periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Esta ciencia investiga cómo estos patrones influyen en los ecosistemas, las sociedades humanas y el cambio climático. Juntas, la meteorología y la climatología nos proporcionan una visión integral del comportamiento atmosférico y sus implicaciones en el mundo natural y humano.

A continuación, analizaremos más a profundidad los conceptos más relevantes de este apartado.

1.1.1. METEOROLOGÍA

Es la ciencia que se dedica al estudio de los fenómenos atmosféricos y los procesos que tienen lugar en la atmósfera de la Tierra. Esta disciplina analiza y pronostica el tiempo atmosférico a corto plazo mediante el examen de variables como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, y la precipitación (Fernandez Ortiz, 2017).

Esta ciencia se dedica a observar y analizar los elementos del tiempo, que principalmente son: temperatura, humedad (y punto de rocío), lluvia, dirección y velocidad del viento, nubosidad y radiación solar. Cuando estos elementos son medidos y registrados en una hora determinada, constituyen el estado del tiempo, o tiempo presente. Cuando se guardan varios años de datos y se los procesa a nivel estadístico, todos esos datos históricos constituyen el pasado del tiempo, que es el clima. Cuando se hace una previsión del tiempo es el tiempo futuro o pronóstico.

Mediante el estudio de los fenómenos que ocurren en la atmósfera, la meteorología trata de definir el clima, predecir el tiempo, comprender la interacción de la atmósfera con otros subsistemas. El conocimiento de las variaciones climáticas ha sido siempre de suma importancia para el desarrollo de la vida en general (Ledezma Jimeno, 2011).

1.1.1.1. HISTORIA DE LA METEOROLOGÍA

El término "meteorología" proviene de *Meteorologica*, título del libro escrito alrededor del año 340 a. de C. por Aristóteles, quien presenta observaciones mixtas y especulaciones sobre el origen de los fenómenos atmosféricos y celestes.

Los progresos posteriores en este campo se centraron en instrumentos, más precisos. Galileo construyó un termómetro en 1607, seguido de la invención del barómetro por parte de Evangelista Torricelli en 1643. El primer descubrimiento de la dependencia de la presión atmosférica, en relación a la altitud, fue realizado por Blaise Pascal y René Descartes; la idea fue profundizada luego por Edmund Halley. El anemómetro, que mide la velocidad del viento, fue construido en 1667 por Robert Hooke, mientras Horace de Saussure completa el elenco del desarrollo de los más importantes instrumentos meteorológicos en 1780 con el higrómetro a cabello, que mide la humedad del aire. A inicios del siglo XX, los progresos en la comprensión de la dinámica atmosférica llevaron a la creación de la moderna previsión del tiempo calculada en base matemática.

En la década de 1950, los experimentos de cálculo numérico con computador mostraron ser factibles. La primera previsión del tiempo realizada con este método usaba modelos baroscópicos (es decir, con un único nivel vertical), y podía proveer con éxito, los movimientos a gran escala de las ondas de Rossby, o sea, de las zonas de baja presión a alta presión. En 1960, el lanzamiento del TIROS-1, primer satélite meteorológico en funcionar, significó el inicio de una era de difusión global de las informaciones climáticas. Los satélites meteorológicos, junto a otros satélites de observación múltiple, llegaron a ser instrumentos indispensables para el estudio de una gran variedad de fenómenos, incluyendo incendios forestales y el fenómeno de El Niño. En los años recientes, se han estado desarrollando modelos climáticos

a alta resolución, usados para estudiar los cambios a largo plazo, sobre todo el actual cambio climático

1.1.1.2. RAMAS DE LA METEOROLOGÍA

- **Hidrometeorología:** rama de la Meteorología que se relaciona con los recursos hídricos o acuáticos.
- **Meteorología aeronáutica:** estudia el efecto que los fenómenos meteorológicos tienen sobre las aeronaves y todo lo concerniente a la aeronavegación.
- **Meteorología agrícola (Agrometeorología):** se ocupa del estudio del impacto de los fenómenos meteorológicos sobre todo lo que se relaciona con la agricultura.
- **Meteorología física:** se interesa en el estudio de las propiedades físicas de la atmósfera.
- **Meteorología marítima:** que consta a su vez de dos áreas: a) Meteorología oceánica: estudia la interacción entre la atmósfera y el mar. b) Meteorología marítima: se ocupa de suministrar servicios, desde el punto de vista meteorológico, a todas las actividades marinas.
- **Meteorología sinóptica:** se ocupa de los fenómenos atmosféricos sobre la base de análisis de cartas, en la que previamente se han asentado observaciones sinópticas, con el propósito de hacer un diagnóstico o un pronóstico de condiciones meteorológicas.
- **Micrometeorología:** estudia las condiciones meteorológicas a pequeña escala, la cual implica mediciones de parámetros meteorológicos y estudios cuidadosos de cerca de la superficie, en períodos cortos de tiempo.

1.1.1.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS

Los meteorólogos utilizan una variedad de herramientas y tecnologías, como satélites, radares y estaciones meteorológicas, para recopilar datos y modelar el comportamiento de la atmósfera. La información proporcionada por la meteorología es crucial para diversas actividades humanas, incluyendo la agricultura, la aviación,

la navegación y la planificación urbana, además de ser fundamental para la comprensión y mitigación de los impactos de eventos climáticos extremos.

Se utiliza instrumentos esenciales, como el barómetro, el termómetro y el higrómetro, para determinar los valores absolutos, medios y extremos de los factores climáticos. Para el trazado de mapas y la elaboración de predicciones es fundamental la recogida coordinada de datos en amplias zonas, lo que se realiza con la ayuda de los satélites meteorológicos.

1.1.1.4. ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente, diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas, a partir de modelos numéricos, como para estudios climáticos.

De acuerdo a lo establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), las estaciones meteorológicas se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación de las estaciones meteorológicas

Clasificación de las estaciones meteorológicas	
Según su finalidad	Clasificación
Sinóptica	Climatológicas Agrícolas Especiales Aeronáuticas Satélites
De acuerdo a la magnitud de las observaciones	Principales Ordinarias Auxiliares o adicionales
Por el nivel de observación	Superficie Altitud
Según el lugar de observación	Terrestres Aéreas Marítimas

1.1.1.5. OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS

- **Observación meteorológica**

Consiste en la medición y determinación de todos los elementos que, en su conjunto, representan las condiciones del estado de la atmósfera en un momento dado y en un determinado lugar, utilizando instrumental adecuado.

Estas observaciones realizadas con métodos y en forma sistemática, uniforme, ininterrumpida y a horas establecidas, permiten conocer las características y variaciones de los elementos atmosféricos, los cuales constituyen los datos básicos que utilizan los servicios meteorológicos, tanto en tiempo real como diferido.

Las observaciones deben hacerse, invariablemente, a las horas preestablecidas y su ejecución tiene que efectuarse empleando el menor tiempo posible. La veracidad y exactitud de las observaciones es imprescindible, ya que, de no darse esas condiciones, se lesionan los intereses, no solo de la meteorología, sino de todas las actividades humanas que se sirven de ella.

Cuanto más numerosas son las estaciones meteorológicas, más detallada y exacta se conoce la situación. Hoy en día, gran cantidad de ellas cuentan con personal especializado, aunque también hay un número de estaciones automáticas ubicadas en lugares inaccesibles o remotos, como regiones polares, islotes deshabitados o cordilleras. Además, existen fragatas meteorológicas, barcos que contienen a bordo una estación meteorológica muy completa y a los cuales se asigna una posición determinada en pleno océano.

- **Satélites meteorológicos**

Satélites artificiales utilizados para supervisar el tiempo atmosférico y el clima de la Tierra, aunque también son capaces de ver las luces de la ciudad, incendios forestales, contaminación, auroras, tormentas de arena y polvo, corrientes del océano, etc. Otros satélites pueden detectar cambios en la vegetación de la Tierra, el estado del mar, el color del océano y las zonas nevadas.

El fenómeno de El Niño y sus efectos son registrados diariamente en imágenes satelitales. El agujero de ozono de la Antártida es dibujado a partir de los datos obtenidos por los satélites meteorológicos. De forma agrupada, los satélites meteorológicos de China, Estados Unidos, Europa, Canadá, India, Japón y Rusia proporcionan una observación casi continua del estado global de la atmósfera.

- **Simbología**

Es una representación perceptible de una realidad, con rasgos asociados por una convención socialmente aceptada. Algunos símbolos utilizados en meteorología son:

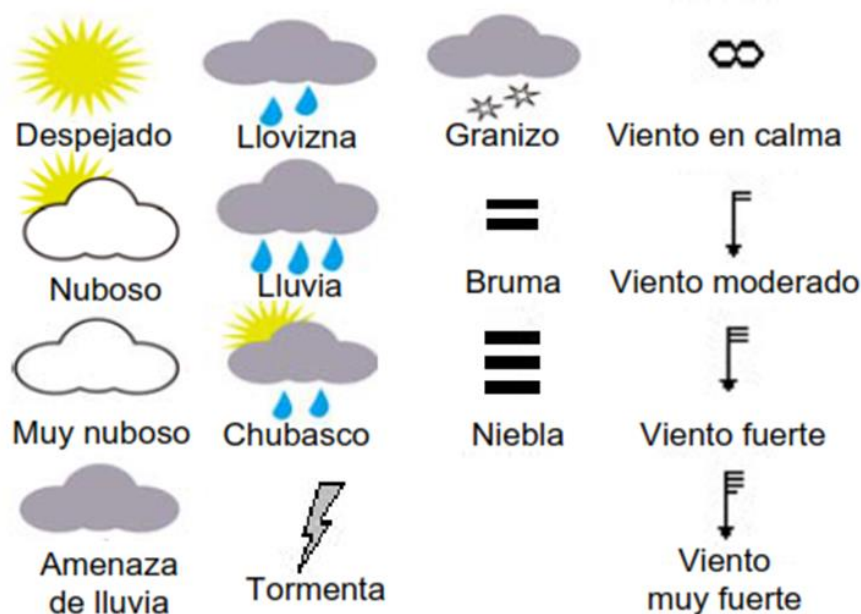


Ilustración 1. Simbología utilizada en meteorología

1.1.2.CLIMATOLOGÍA

La climatología es la ciencia que analiza diversos climas. Se centra en el estudio de las medidas registradas en cuanto a sus parámetros meteorológicos en el mayor número de lugares a lo largo del tiempo, y para cada zona en el mayor

número de años posible. Por ello, la climatología estudia el estado físico medio de la atmósfera y su variación en un tiempo y espacio determinado.

Específicamente los parámetros medidos son: La temperatura, humedad, precipitación, viento, insolación, entre otros. Especificando que la climatología clasifica los diferentes climas que existen en el planeta, así como su localización geográfica y evolución en el tiempo, un ejemplo de ello es la clasificación climática de Köppen.

El clima en ocasiones se puede ver condicionado en lugares concretos por diversos factores, existiendo microclimáticas que en muchos casos dan lugar a microambientes específicos que no pueden ser analizados, teniendo en cuenta solamente las características climáticas de algún observatorio cercano.

El clima de un lugar es el tiempo que hace normalmente en ese lugar a lo largo de los meses y los años. La Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.) en la Conferencia de Varsovia (1935) definió como clima las condiciones meteorológicas medias para el mes y el año, calculadas sobre un período de 30 años. Cuando decimos, por ejemplo, que el clima de una región tiene los inviernos fríos y secos nos referimos a lo que ocurre normalmente en esa región durante el invierno, pero esto no implica que en algún día del invierno no haga una temperatura agradable o que la atmósfera no tenga un alto grado de humedad.

El tiempo y el clima son el resultado de la actuación de:

- La radiación solar
- La atmósfera
- La forma y movimientos de la tierra
- Las características de la superficie terrestre

El estudio del clima es muy importante para poder conocer y analizar su influencia sobre la producción vegetal. La capacidad productiva de un cultivo, aun dependiendo básicamente de su constitución genética (vigor y productividad) y de su estado sanitario, está totalmente condicionada a sus posibilidades de adaptación a unas condiciones ecológicas determinadas, de tal manera que todos y cada uno

de los elementos del clima pueden favorecer o limitar el cultivo, haciéndolo rentable, condicionándolo o convirtiéndolo en utópico.

1.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS METEOROS

Los meteoros presentan una gran diversidad de tipos. No obstante, si se toman en consideración las partículas que los constituyen o los procesos físicos que intervienen en su formación, los meteoros pueden clasificarse en cuatro grupos: hidrometeoros, litometeoros, fotometeoros y electrometeoros.

1.1.3.1. HIDROMETEOROS

Los hidrometeoros están compuestos de partículas de agua líquida o sólida que pueden estar suspendidas en la atmósfera, precipitar a través de ella, ser arrastradas por el viento desde la superficie de la Tierra o estar depositadas sobre otros objetos. Convencionalmente, la nieve o el agua depositadas sobre el suelo no se consideran un hidrometeoro.

A continuación, se describen los cinco tipos de hidrometeoros siguientes:

- **Partículas en suspensión:** Nubes, Niebla (“niebla” y “neblina”), Niebla helada



Ilustración 2. Cumulus congestus y Stratocumulus cumulogenitus

Cumulus congestus desarrollándose sobre los Alpes suizos por detrás de Montreux y a lo largo de las orillas del lago Lemán (Suiza). Se produjeron chubascos de lluvia sobre las orillas meridionales y occidentales del lago, y se observó un chubasco breve con gotas de lluvia de gran tamaño en Montreux, a las 14.30 hora local.

El género se identifica como Cumulus porque las nubes están aisladas y son densas, presentan contornos bien definidos –salvo en algunas zonas donde se está produciendo evaporación–, se están desarrollando verticalmente en forma de torres, tienen partes superiores emergentes que empiezan a tener aspecto de coliflor, así como partes iluminadas por el Sol muy blancas y bases relativamente oscuras y planas.

Además, pertenecen a la especie congestus dado que las células están empezando a mostrar un crecimiento importante en su desarrollo vertical, con protuberancias y brotes mayores que los de las nubes mediocris. La mayoría de células del plano principal aparecen cizalladas (inclinadas) hacia sotavento debido al perfil del viento; esto resulta más obvio en las células con mayor extensión vertical.

También se observa la presencia de Cumulus mediocris, humilis y fractus, así como algunas Stratocumulus que se han formado debido a la expansión de nubes Cumulus.



Ilustración 3. Niebla

La niebla es una suspensión en el aire de gotitas de agua muy pequeñas, habitualmente microscópicas, que reducen la visibilidad en la superficie de la Tierra. Este término se utiliza cuando la visibilidad horizontal se reduce a menos de 1 km. En esta fotografía la visibilidad es de apenas unos 100 m.

La reducción de la visibilidad depende de la estructura de la niebla, y especialmente de la densidad numérica y la distribución de tamaño de las gotitas; esta estructura puede variar de forma considerable en el tiempo y el espacio. Sin embargo, en este ejemplo particular a orillas de río Támesis en Reading, Inglaterra (Reino Unido), a las 15.00 horas, la visibilidad fue variando poco a poco y la niebla persistió durante todo el día.

Una cresta de alta presión se extendía por el sur de Inglaterra desde un anticiclón centrado sobre Europa continental.

- **Partículas que precipitan (precipitación):** De las nubes: lluvia, llovizna, nieve, cinarra, nieve granulada, granizo y gránulos de hielo Del aire claro: polvo brillante.

La precipitación puede alcanzar la superficie de la Tierra o evaporarse completamente durante su caída (virga). Cuando las partículas que precipitan llegan al observador suele ser fácil identificar el tipo de precipitación. Esta identificación puede ayudar posteriormente a determinar el tipo de nube, especialmente durante la noche.

Los hidrometeoros consistentes en partículas que precipitan pueden producirse como precipitación más o menos uniforme (intermitente o continua) o como chubasco. Los chubascos se caracterizan por su comienzo y final abruptos y por la rápida, y en ocasiones violenta, variación en la intensidad de la precipitación. Habitualmente las gotas y las partículas sólidas que precipitan en un chubasco son mayores que cuando se trata de precipitaciones de menor intensidad. Los chubascos solo caen de nubes convectivas (Cumulonimbus y Cumulus); la precipitación uniforme (distinta de los chubascos) suele caer de nubes estratiformes (principalmente Altostratus y Nimbostratus). El tipo de hidrometeoro puede, por tanto, ser útil para identificar el género de una nube, especialmente durante la noche.

Tabla 2. Formas de nubes asociadas a cada tipo de hidrometeoro que precipita

Formas de nubes (géneros) asociadas a cada tipo de hidrometeoro que precipita (precipitación)							
Hidrometeoro Que precipita	Altostratus	Nimbostratus	Stratocumulus	Stratus	Cumulus	Cumulonimbus	Sin nubes
Lluvia	Posible	Frecuente	Posible		Posibles chubascos	Chubascos frecuentes	
Llovizna				Posible			
Nieve	Posible	Posible	Posible	Posible	Posibles chubascos	Posibles chubascos	
Cinarra				Posible			

Nieve granulada			Posible		Posibles chubascos	Posibles chubascos	
Polvo brillante							Posible
Granizo (grueso y menudo)						Posibles chubascos	
Gránulos de hielo	Posibles	Posibles					

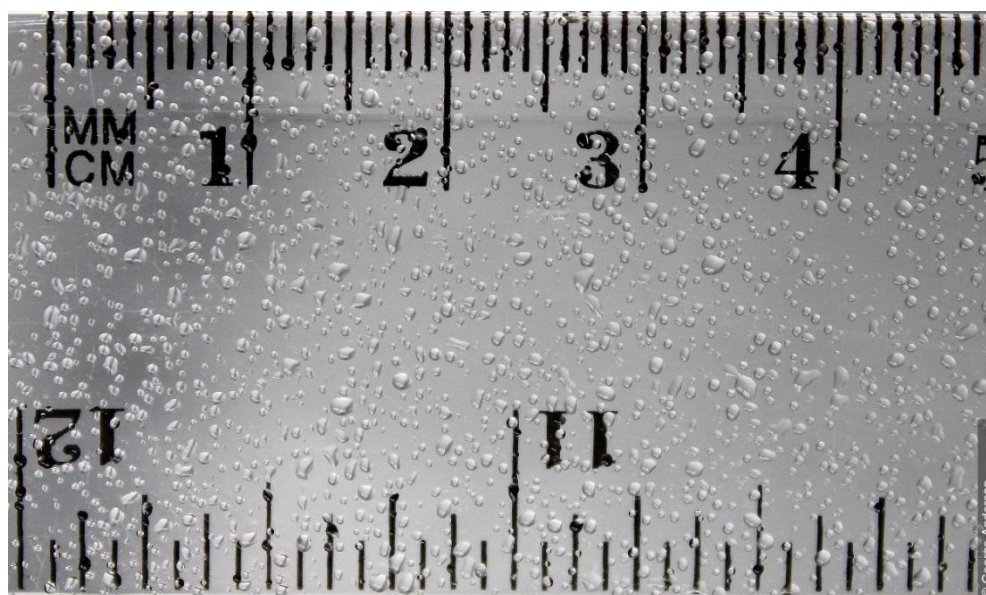


Ilustración 4. Llovizna

Esta fotografía muestra gotas de llovizna sobre una regla e ilustra el tamaño de las gotas. La regla se expuso a la llovizna durante unos minutos hasta que se acumuló una cantidad razonable de gotas. Las graduaciones grandes en la parte superior de la regla están en centímetros y cada graduación pequeña equivale a 1 mm. Las graduaciones grandes en la parte inferior están en pulgadas y cada graduación pequeña es un dieciseisavo de pulgada.

Una onda frontal estaba cruzando el sur de Inglaterra (Reino Unido) y el lugar se encontraba en una corriente de sector caliente. Todas las

estaciones meteorológicas cercanas informaron de llovizna y cielo cubierto de nubes Stratus.

La llovizna cae de nubes Stratus y las gotas suelen tener un diámetro inferior a 0,5 mm, como se puede observar en en 6 y 7 en esta fotografía. Las gotas más grandes sobre la regla probablemente se deban a que dos o más gotas se han unido después de caer.



Ilustración 5. Granizo

Estas piedras de granizo cayeron de una célula de tormenta convectiva relativamente pequeña pero intensa que pasó por la pequeña localidad de Limón, Colorado (Estados Unidos de América). Durante la precipitación, el tamaño del granizo fue variando, como se puede observar en la distribución de tamaño que se muestra en esta fotografía. Los gránulos más pequeños de la fotografía tienen unos 5 mm de diámetro, mientras que los más grandes oscilan entre 15 mm y 25 mm. El granizo está formado por partículas de hielo transparentes, o parcial o enteramente opacas, habitualmente con forma esferoidal, cónica o irregular. En esta fotografía, la mayoría de piedras de

granizo son esféricas. La caída de granizo se produce en forma de chaparrones de nubes Cumulonimbus, normalmente durante tormentas eléctricas. Normalmente el granizo se forma alrededor de núcleos cuyo diámetro oscila entre unos pocos milímetros y un centímetro.

El núcleo, compuesto por hielo que suele ser opaco, puede estar envuelto por una serie de capas alternadas de hielo transparente y opaco. En esta fotografía se ve claramente que el centro de los granizos de mayor tamaño es de hielo opaco envuelto por una capa de hielo transparente.

- **Partículas levantadas de la superficie de la Tierra por el viento:** Ventisca baja de nieve, Ventisca alta de nieve y Rociones.

Todas ellas se restringen a alturas cercanas a la superficie terrestre.

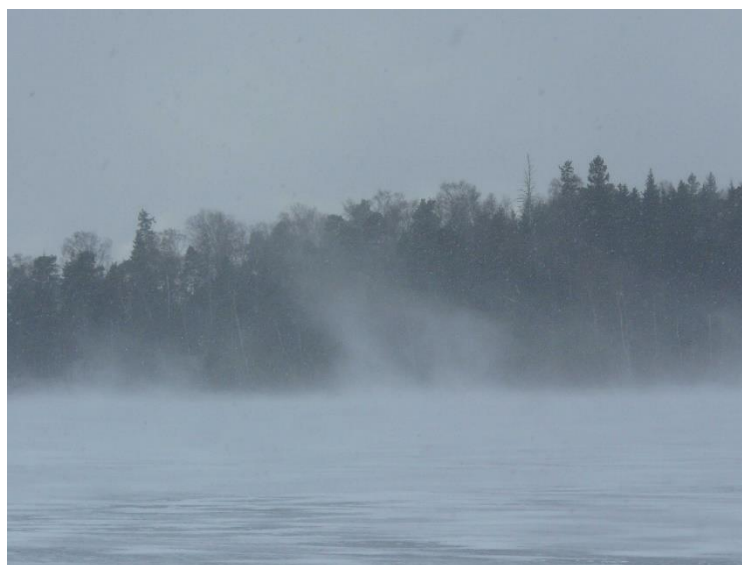


Ilustración 6. Ventisca alta

Esta serie de fotografías muestra ventisca alta sobre el hielo marino de la costa del golfo de Finlandia. La ventisca alta es un conjunto de partículas de nieve que el viento levanta del suelo a alturas moderadas o grandes. La visibilidad horizontal al nivel de los ojos es generalmente muy pobre cuando se produce ventisca alta.

Las partículas de nieve que las ráfagas de viento fuerte de 5–20 m/s levantan del suelo son en realidad nieve granulada que ha caído de una nube Cumulonimbus con chubascos. Se puede observar un vórtice de ventisca alta

que gira en el centro de esta fotografía. Al mismo tiempo, se estaba produciendo un chubasco de nieve granulada moderado, por lo que la clave meteorológica predominante es $ww = 88$.



Ilustración 7. Rociones y un arco por rociones marinas

Las rociones son un conjunto de gotitas de agua arrancadas por el viento en la superficie de una vasta extensión de agua, generalmente de la cresta de las olas, y transportadas en la atmósfera a una distancia corta.

En esta fotografía, la vasta extensión de agua es el océano Pacífico y el viento está levantando rociones de las crestas de las olas que rompen en Pacífica, en la costa de California (Estados Unidos).

Dado que brilla el Sol, se ha formado un arco por rociones marinas en la "pantalla" de rociones.

- **Depósitos de partículas:** Gotas de agua (depósitos de gotitas de niebla o rocío) Conjuntos de partículas de hielo que normalmente se distinguen unas de otras, aunque a menudo están parcialmente unidas (rocío blanco,

escarcha y cencellada blanca) Capas lisas y uniformes de hielo en las que no es posible distinguir una estructura granulada (hielo liso).



Ilustración 8. Rocío

Esta imagen muestra un depósito de rocío sobre la hierba, formado por gotitas de agua muy pequeñas. El exceso de vapor de agua se condensó sobre las briznas de hierba a medida que el aire cerca del suelo se fue enfriando por debajo del punto de rocío debido a la radiación nocturna. Nótese el amplio abanico de tamaños de las gotitas. Algunas de las gotitas más grandes parecen ser una amalgama de gotitas más pequeñas. Seguía habiendo rocío a mediodía porque un viento muy flojo inhibió la evaporación y un seto resguardaba a la hierba de los rayos del Sol, que se encontraba en un ángulo muy bajo.



Ilustración 9. Escarcha propiamente dicha

La escarcha es un depósito de cristales de hielo producida por la condensación del vapor de agua del aire circundante. La "escarcha propiamente dicha" se forma principalmente sobre la superficie horizontal de objetos en el suelo o cerca de él que se han enfriado lo suficiente por radiación nocturna, normalmente en condiciones de cielo despejado y viento flojo.

Esta fotografía muestra escarcha depositada sobre briznas de hierba y hojas que han caído al suelo. La fotografía fue tomada después de una noche fría en la que la temperatura del aire descendió a -5°C . La temperatura de la superficie de la hierba durante la noche osciló entre -6°C y -10°C , aunque a última hora de la mañana, cuando se tomó la fotografía, había ascendido a 0°C . La velocidad del viento durante la noche fue de alrededor de 3 nudos.

- **trombas:** Cuando se observan en el mar (tromba marina), las trombas tienen forma de columnas o conos de nubes constituidos por gotitas de agua levantadas por encima de la superficie del mar, y se consideran un hidrometeoro.

Las trombas que se producen en tierra (tromba terrestre, embudo de aire frío y tornado) están generalmente compuestas de partículas sólidas no acuosas procedentes del suelo. En este caso, no es posible clasificarlas estrictamente como hidrometeoros. No obstante, dado que la presencia de una columna o un cono de nubes constituye un criterio básico, en el presente Atlas las trombas se clasifican en el grupo de los hidrometeoros.



Ilustración 10. Tornado

Primeras fases del tornado de Campo, Colorado (Estados Unidos de América) del 31 de mayo de 2010. El tornado tocó tierra justo antes de que se tomara la fotografía. Su formación se produjo por debajo de un gran muro de nubes (muris), que ocupa una gran parte del área superior de la imagen. La tuba del tornado en esta fase es relativamente estrecha.

Un tornado se define como una columna de aire giratoria que se extiende desde la base de una nube cumuliforme y que a menudo se puede visualizar como una tuba en contacto con el suelo o como una nube de polvo o de escombros que circula en el suelo.



Ilustración 11. Tromba marina

Esta fotografía muestra una tromba marina que se presentó en la costa occidental de Cozumel (México).

Las trombas marinas son tornados que tienen lugar sobre el agua. Generalmente, se caracterizan por ser una columna de aire rotatoria relativamente pequeña y débil sobre aguas libres y por debajo de un Cumulonimbus o de nubes Cumulus en forma de torre. Las trombas marinas son básicamente el equivalente a las trombas terrestres en el agua y son más comunes en aguas tropicales o subtropicales.

A la derecha de la imagen, se pueden apreciar chubascos que caen de la nube convectiva.

1.1.1.1. Litometeoros

Un litometeoro está formado por un conjunto de partículas, la mayoría de las cuales son sólidas y no acuosas. Las partículas están suspendidas en el aire o son levantadas del suelo por el viento.

Los Litometeoros pueden ser:

- Partículas en suspensión (calima, calima de polvo o humo), consistentes en partículas de polvo muy pequeñas, partículas de sal marina o productos de la combustión (por ejemplo, procedentes de incendios forestales)
- Partículas levantadas por el viento (ventisca baja y alta de polvo o arena, tempestad de polvo o tempestad de arena y remolino de polvo o remolino de arena). Un remolino de polvo bien desarrollado recibe el nombre de tolvana o remolino de polvo.



Ilustración 12. Calima

La calima es una suspensión en el aire de partículas extremadamente pequeñas y secas que son invisibles a simple vista y suficientemente numerosas para dar al aire una apariencia opalescente.

En esta fotografía, la calima oculta de forma progresiva los detalles de las sucesivas laderas de las colinas más alejadas de la cámara. La calima estaba provocada por la contaminación general y por el humo de pequeñas hogueras que se había quedado estancado durante varios días en este resguardado valle en el centro de Nepal durante el invierno.



Ilustración 13. Tempestad de polvo

Una tempestad de polvo o tempestad de arena (conocida comúnmente como "haboob") es un conjunto de partículas de polvo o arena levantadas violentamente a gran altura por un viento fuerte y turbulento.

Esta fotografía muestra una tempestad de polvo en la provincia de Helmand (Afganistán). El polvo fue levantado por la corriente descendente de una tormenta de base alta.

La parte delantera de una tempestad de polvo a menudo presenta la apariencia de un muro amplio y alto que avanza a cierta velocidad, como en esta fotografía. El borde anterior del "muro de polvo" señala la ubicación del frente de ráfaga que se aproxima. Esta tempestad de polvo redujo la visibilidad a unos 10 m y se registraron ráfagas de viento máximas de más de 50 nudos. Las condiciones mejoraron al cabo una hora aproximadamente.

1.1.3.2. FOTOMETEOROS

Un fotometeoro es un fenómeno óptico producido por la reflexión, refracción, difracción o interferencia de la luz del sol o la luna.

Los fotometeoros pueden encontrarse:

Sobre las nubes o en su interior: fenómenos de halo, coronas, irisaciones y gloria; sobre algunos hidrometeoros o litometeoros o en su interior: fenómenos de halo, coronas, gloria, arco iris, anillo de Bishop y rayos crepusculares; en el aire claro: espejismo, trepidación óptica, centelleo, destello verde y colores crepusculares.



Ilustración 14. Manifestación de un halo

La manifestación del halo se presentó a causa de la refracción y reflexión de la luz solar a través del polvillo de hielo en el monte Zugspitze, en los Alpes Bávaros (Alemania) (2 963 m de altitud). El polvillo de hielo constituye una precipitación que cae de un cielo claro en forma de cristales de hielo muy pequeños, a menudo tan pequeños que parecen suspendidos en el aire. Dichos cristales de hielo son visibles principalmente cuando brillan a la luz del sol.

Los tipos de halo que se observan en la imagen son: halo de 22°; círculo parhético; parhelio; arco tangente superior; columna luminosa solar superior; columna luminosa solar inferior; halo de 46°; arco infralateral y arco supralateral.

Algunos de estos tipos de halo son bastante comunes, como el halo de 22° y el parhelio, mientras que otros se presentan con menos frecuencia. Algunos aparecen como puntos o arcos relativamente brillantes, mientras que otros son tenues y difíciles de identificar.



Ilustración 15. Arco iris primario con arcos supernumerarios

En el interior del arco iris primario de esta fotografía aparece una serie de arcos supernumerarios o adicionales. Estas bandas estrechas de color naranja, verde y violeta se deben a la interferencia de las ondas de luz.

También se puede apreciar que el área exterior del arco iris primario es notablemente más oscura que el área interior del arco. Esta zona del cielo más oscura se conoce como "banda oscura de Alejandro".

1.1.3.3. ELECTROMETEOROS

Un electrometeoro es una manifestación visible o audible de la electricidad atmosférica.

Los electrometeoros pueden:

- Estar relacionados con descargas eléctricas discontinuas (relámpagos o truenos)
- Ser más o menos continuos (fuego de San Telmo o aurora polar).



Ilustración 16. Relámpago reptador

Esta fotografía muestra relámpagos que se ramifican a través del yunque de una tormenta de intensidad fuerte en el nivel medio sobre Lincoln, Nebraska (Estados Unidos). Estas descargas internas se conocen coloquialmente como "relámpagos reptadores".

En el lado derecho de la imagen se puede observar una base ascendente sin lluvia. En el resto de la imagen, los detalles de la nube quedan ocultos por las precipitaciones intensas. Se pueden ver claramente columnas de precipitación cerca de la base ascendente sin precipitación.



Ilustración 17. Aurora polar

La aurora es una manifestación visible de partículas solares cargadas eléctricamente, canalizadas por el campo magnético de la Tierra que actúa sobre los gases rarificados de la alta atmósfera.

Las auroras se observan con mayor frecuencia en arcos alrededor de los polos magnéticos: los «óvalos aurorales». Sin embargo, las eyecciones de masa coronal del Sol o las erupciones solares atmosféricas pueden aumentar temporalmente el viento solar que llega a la Tierra. Durante tales fenómenos, el óvalo auroral se agranda temporalmente, permitiendo que las auroras puedan ser apreciadas desde latitudes más bajas.

En el hemisferio norte, la aurora es conocida como «aurora boreal» o «resplandor del norte». En el hemisferio sur, a la aurora se le denomina «aurora austral» o «resplandor del sur». La presente fotografía tomada en Islandia muestra una aurora boreal.

El color de la aurora depende del gas atmosférico particular que emite la luz, del estado eléctrico de dicho gas y de la energía de las partículas solares. La luz más brillante y común de la aurora, como se observa en esta imagen, es blanca con matices verdes o entre verdes y amarillos y es emitida por el oxígeno atómico a unos 100 000 m por encima del suelo. A una altitud de cerca de 150 000 m, los átomos de oxígeno individuales producen un resplandor rojo difuso. La

luz rosácea en las franjas inferiores de los arcos y bandas proviene del nitrógeno atómico, que se encuentra dentro los 60 000 m aproximadamente. El nitrógeno molecular emite una luz entre azul y púrpura en los niveles más altos (OMM, 1917).

1.2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y CLIMATOLÓGICAS

Las estaciones meteorológicas y climatológicas son instalaciones equipadas con una variedad de instrumentos diseñados para monitorear y registrar datos atmosféricos y climáticos. Estas estaciones juegan un papel crucial en la recopilación de información que se utiliza para el estudio del tiempo y el clima, así como para la predicción meteorológica y la investigación climática a largo plazo.

Las estaciones meteorológicas, generalmente ubicadas en la superficie terrestre, miden una amplia gama de parámetros atmosféricos. Estos incluyen la temperatura del aire, la presión atmosférica, la humedad relativa, la velocidad y dirección del viento, la cantidad y tipo de precipitación, y la radiación solar. Los datos obtenidos de estos instrumentos son fundamentales para la elaboración de pronósticos del tiempo a corto plazo, lo que ayuda a mitigar el impacto de eventos meteorológicos adversos, como tormentas, huracanes y olas de calor.

Por otro lado, las estaciones climatológicas se enfocan en la recopilación de datos a largo plazo, proporcionando un registro histórico que permite el análisis de las tendencias y variaciones climáticas. Estas estaciones están equipadas con instrumentos similares a los de las estaciones meteorológicas, pero su enfoque es la recolección continua y sistemática de datos durante períodos prolongados, a menudo décadas. La información obtenida es esencial para comprender los cambios climáticos globales y regionales, así como para la investigación sobre el cambio climático, sus causas y sus impactos en diferentes ecosistemas y sociedades humanas.

Además de las estaciones terrestres, existen estaciones meteorológicas y climatológicas en altitudes elevadas, como en montañas y a bordo de aviones y

satélites, que proporcionan una perspectiva adicional sobre las condiciones atmosféricas a diferentes niveles de la atmósfera. Estas estaciones avanzadas ayudan a completar el cuadro global del clima y a mejorar la precisión de los modelos climáticos y meteorológicos.

Las estaciones meteorológicas y climatológicas son herramientas esenciales para el estudio y comprensión del tiempo y el clima. Sus datos son fundamentales para la predicción meteorológica, la investigación climática y la formulación de políticas ambientales. A medida que el clima global continúa cambiando, la importancia de estas estaciones seguirá creciendo, subrayando la necesidad de una red global robusta y bien mantenida de instalaciones de monitoreo atmosférico.



Ilustración 18. Estación meteorologica

1.2.1.RED METEOROLÓGICA

Una red meteorológica es un sistema compuesto por múltiples estaciones meteorológicas distribuidas estratégicamente en una región, país o incluso a nivel global, con el propósito de monitorear y registrar datos atmosféricos en tiempo real. Estas redes son fundamentales para la recopilación de información detallada y

precisa sobre las condiciones meteorológicas, lo que permite una comprensión más completa de los patrones climáticos y el desarrollo de pronósticos meteorológicos fiables.

Componentes de una red meteorológica:

- **Estaciones Meteorológicas:** La base de cualquier red meteorológica son las estaciones individuales, que pueden ser automáticas o manuales. Están equipadas con diversos instrumentos para medir parámetros como la temperatura del aire, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, y la radiación solar.
- **Sensores y Equipos:** Cada estación meteorológica incluye una serie de sensores especializados para recolectar datos precisos. Estos sensores deben calibrarse regularmente para garantizar la exactitud de las mediciones. Los equipos avanzados permiten la recolección continua de datos y su transmisión en tiempo real a un centro de control.
- **Sistema de Comunicación:** Los datos recogidos por las estaciones meteorológicas se transmiten a través de redes de comunicación, que pueden incluir conexiones por satélite, radio, internet o redes móviles. Esto asegura que la información se recopile y comparta de manera eficiente y rápida.
- **Centros de Control y Procesamiento de Datos:** En el centro de la red, los datos recibidos de las estaciones meteorológicas son recopilados y procesados. Estos centros utilizan software avanzado para analizar la información, identificar patrones y elaborar pronósticos meteorológicos.
- **Modelos Meteorológicos:** Los datos recopilados alimentan modelos meteorológicos, que son herramientas computacionales complejas diseñadas para simular la atmósfera y predecir el comportamiento del tiempo. Estos modelos se actualizan continuamente con nueva información, mejorando así su precisión.

Función y Beneficios de una Red Meteorológica:

- **Predicción del Tiempo:** Uno de los principales beneficios de una red meteorológica es la capacidad de proporcionar pronósticos del tiempo precisos y oportunos. Esto es vital para la planificación en sectores como la agricultura, la aviación, el transporte marítimo y terrestre, y las actividades al aire libre.
- **Gestión de Desastres:** Las redes meteorológicas son cruciales para la gestión de emergencias y desastres naturales. Permiten la detección temprana de fenómenos meteorológicos extremos como huracanes, tormentas severas, inundaciones y olas de calor, proporcionando tiempo crítico para tomar medidas preventivas y reducir el impacto en las comunidades.
- **Investigación y Ciencia Climática:** Los datos a largo plazo recopilados por las redes meteorológicas son esenciales para la investigación climática. Ayudan a los científicos a entender mejor los patrones y tendencias climáticas, evaluar el impacto del cambio climático y desarrollar estrategias para mitigarlo.
- **Salud Pública y Seguridad:** Información precisa y actualizada sobre las condiciones meteorológicas puede ayudar a proteger la salud pública y la seguridad. Por ejemplo, durante olas de calor o frío extremo, los avisos meteorológicos pueden alertar a la población y a las autoridades para tomar medidas preventivas.

Una red meteorológica es una infraestructura vital que soporta la recopilación, transmisión y análisis de datos atmosféricos en tiempo real. Su papel es esencial no solo para la predicción del tiempo y la gestión de desastres, sino también para la investigación científica y la protección de la salud pública y la seguridad. La eficacia de estas redes depende de la calidad de los instrumentos, la cobertura geográfica y la capacidad de procesamiento de datos, lo que subraya la importancia de invertir en tecnología y mantenimiento continuo.

1.2.2. CLASIFICACIÓN DE ESTACIONES

Para una clasificación precisa y confiable de las estaciones meteorológicas, nos basamos en las directrices y categorías establecidas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y otras entidades meteorológicas reconocidas. Estas clasificaciones se enfocan en la ubicación, los parámetros medidos, el propósito específico y el grado de automatización.

1. Según su Ubicación

a) Estaciones Terrestres

Estas estaciones se encuentran en la superficie terrestre y son las más comunes. Se pueden ubicar en zonas urbanas, rurales o remotas y miden parámetros atmosféricos como la temperatura, la humedad, la presión y el viento.

b) Estaciones Marítimas

Instaladas en boyas, plataformas marinas o barcos, estas estaciones recopilan datos sobre las condiciones atmosféricas y oceánicas, como la temperatura del agua, la presión y la salinidad.

c) Estaciones Aéreas

Ubicadas en globos meteorológicos, aviones o satélites, estas estaciones recopilan datos a diferentes altitudes en la atmósfera, lo que proporciona una visión completa de las condiciones meteorológicas a varios niveles

2. Según los Parámetros que Miden

1. Estaciones Meteorológicas Básicas

Miden parámetros esenciales como la temperatura del aire, la humedad relativa, la presión atmosférica y la precipitación. Son adecuadas para monitoreos básicos y predicciones meteorológicas a corto plazo.

2. Estaciones Complejas

Además de los parámetros básicos, estas estaciones miden velocidad y dirección del viento, radiación solar, y pueden incluir sensores para la calidad del aire y otros factores ambientales.

3. Según su Grado de Automatización

a) Estaciones Manuales

Requieren de un observador humano para registrar los datos meteorológicos. Aunque menos comunes en la actualidad, siguen siendo útiles en áreas sin acceso a la tecnología moderna.

b) Estaciones Automáticas

Funcionan de manera autónoma, recolectando y transmitiendo datos sin intervención humana directa. Son las más utilizadas debido a su eficiencia y precisión.

1. Según su Propósito Específico

a) Estaciones Sinópticas

Diseñadas para recopilar datos a intervalos regulares (generalmente cada 3 horas) que son utilizados en los análisis meteorológicos y predicciones a corto plazo.

b) Estaciones Climatológicas

Recopilan datos a largo plazo para estudiar los patrones climáticos y las tendencias a lo largo de los años, contribuyendo a la investigación sobre el cambio climático.

c) Estaciones Agrometeorológicas

Especializadas en el monitoreo de condiciones atmosféricas que afectan la agricultura, como la humedad del suelo y la temperatura a nivel de las plantas.

La clasificación de las estaciones meteorológicas varía según su ubicación, los parámetros que miden, el grado de automatización y el propósito específico. Estas estaciones son fundamentales para la recopilación de datos atmosféricos, lo

que contribuye a la predicción del tiempo, la gestión de desastres, la investigación climática y la protección de la salud pública y la seguridad. Las imágenes proporcionadas ilustran la diversidad y especialización de estas estaciones, subrayando su importancia en la meteorología moderna.

1.2.3. INSTRUMENTAL DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Una estación meteorológica está equipada con una variedad de instrumentos diseñados para medir diferentes parámetros atmosféricos. Estos instrumentos son esenciales para recopilar datos precisos que se utilizan para pronósticos meteorológicos, investigación climática y monitoreo ambiental (Sánchez Huerta, 1963).

A continuación, se describen los principales instrumentos que se encuentran en una estación meteorológica:

1. Termómetro

- **Función:** Mide la temperatura del aire.
- **Tipos:** De mercurio, alcohol, digitales.
- **Ubicación:** Generalmente se coloca en una garita meteorológica para protegerlo de la radiación directa del sol y la precipitación.



Ilustración 19. Termómetro

2. Barómetro

- Función: Mide la presión atmosférica.
- Tipos: De mercurio, aneroide, digitales.
- Importancia: Los cambios en la presión atmosférica son indicadores clave de cambios en el tiempo, como el acercamiento de sistemas de baja presión (tormentas).



Ilustración 20. Barómetro

3. Higrómetro

- Función: Mide la humedad relativa del aire.
- Tipos: De cabello, de bobina de metal, electrónicos.
- Ubicación: A menudo se coloca junto con el termómetro en la garita meteorológica.



Ilustración 21. Higrómetro

4. Anemómetro

- Función: Mide la velocidad del viento.
- Tipos: De cazoletas, de veleta, ultrasónico.
- Ubicación: Se coloca en una posición elevada, libre de obstáculos, para obtener mediciones precisas del viento.



Ilustración 22. Anemómetro

5. Veleta

- Función: Mide la dirección del viento.
- Importancia: Ayuda a determinar de dónde provienen los vientos, lo cual es crucial para la predicción del tiempo.



Ilustración 23. Veleta

6. Pluviómetro

- Función: Mide la cantidad de precipitación.
- Tipos: Estándar, de balancín, digitales.
- Ubicación: Se coloca en un área abierta, lejos de obstrucciones, para asegurar la recolección precisa de la precipitación.



Ilustración 24. Pluviómetro

7. Piranómetro

- Función: Mide la radiación solar.
- Importancia: Útil para estudios sobre la energía solar y el balance de radiación de la Tierra.



Ilustración 25. Piranómetro

8. Heliógrafo

- Función: Mide la duración de la luz solar.
- Importancia: Utilizado para registrar las horas de sol, importante para estudios climatológicos y agrícolas.



Ilustración 26. Heliógrafo

9. Psicrómetro

- Función: Mide la humedad relativa y el punto de rocío.
- Componentes: Consta de dos termómetros, uno seco y otro húmedo.

- Importancia: La diferencia de lectura entre los dos termómetros se utiliza para calcular la humedad relativa.



Ilustración 27. Heliógrafo

10. Sensor de Radiación Infrarroja

- Función: Mide la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre.
- Importancia: Ayuda en estudios sobre el balance de energía de la Tierra y la evaluación del efecto invernadero.



Ilustración 28. Heliógrafo

1.3. COMPLEMENTOS EDUCACIONALES

Tabla 3. Complementos educativos del tema 1. Antecedentes y Generalidades

COMPLEMENTOS EDUCACIONALES		
Tema 1. Antecedentes y Generalidades		
1.1 Conceptos Básicos	Actividad 1. Ejercicio 1-A	
	Actividad	Aportes a los conceptos básicos de Meteorología y Climatología.
	Instrucciones	Consulte el texto de tres autores diferentes a los expuestos en estos apuntes, y anote sus propuestas de cada uno de las definiciones de meteorología y climatología. Con los términos que más sobresalen en cada propuesta, elabore su propia definición. Debe incluir: Definición de Meteorología, Título del Libro, Año, Editorial, Numero de páginas, URL, en caso de ser Libro Electrónico.
	Herramienta tecnológica	Word Avanzado
	Formato ejercicios 1-A	Anexo 1 - Ejemplo de formato para conceptos. Clic Aquí
1.2 Estaciones meteorológicas y climatológicas.	Ejercicio 1-B	
	Actividad	Clasificación de estaciones meteorológicas y climatológicas
	Instrucciones	Con apoyo del apartado: clasificación de estaciones meteorológicas y climatológicas, elaborar un mapa conceptual.

	Herramienta tecnológica	Word avanzado
1.1.3. Clasificación de los meteoros.	Estudio de caso 2-A	
	Actividad	Descripción de la caída de meteoros en la tierra
	Instrucciones	En apoyo a la plataforma digital de importancia científica que se adjunta, rescatar la información relevante y estructurar mediante Excel avanzado un cuadro que incluya: Título, año y/o revista, autor, región, características e impacto en la región.
	Herramienta tecnológica	Excel Avanzado
	Material digital	Artículo de revista: https://n9.cl/x1fp0
1.2.1 Red Meteorologica	Estudio de caso 2-B	
	Actividad	Importancia de la Red Meteorologica para la agricultura
	Instrucciones	En apoyo a la plataforma digital de importancia científica que se adjunta, rescatar la información relevante y estructurar mediante Power Point avanzado una presentación ejecutiva de 5 a 10 diapositivas, resaltando la importancia de la Red Meteorologica para la agricultura.
	Herramienta tecnológica	Power Point
	Material digital	Artículo Científico: https://n9.cl/1zxe9
	Infografía 3	

1.2.3 Instrumental de una estación Meteorologica	Actividad	Elaborar la descripción de los instrumentos básicos de una estación meteorologica.
	Instrucciones	A partir de los apuntes del tema 1.2.3 Instrumental de una estación Meteorologica. Donde se describen los instrumentos básicos de una estación meteorologica. El estudiante diseñara una infografía.
	Herramienta tecnológica	Canvas
	Material digital	- Con apoyo del siguiente video en YouTube de cómo realizar una infografía en canvas: https://n9.cl/ljmkrr - URL de la plataforma canvas: https://www.canva.com/

ANEXO 1: EJERCICIO 1-A

Anexo 1: Ejercicio 1-A	
Aportes a los conceptos básicos de Climatología	
Consulte el texto de tres autores diferentes a los expuestos en estos apuntes, y anote sus propuestas de cada uno de las definiciones de Meteorología y Climatología. Con los términos que más sobresalen en cada propuesta, elabore su propia definición.	
Concepto 1	
Definición de Climatología Autor 1.	
Título del Libro	
Nombre del Autor (es)	
Año, Editorial, Numero de paginas	
URL, en caso de ser Libro Electrónico	
Concepto 2	
Definición de Climatología Autor 2.	
Título del Libro	
Nombre del Autor (es)	
Año, Editorial, Numero de paginas	
URL, en caso de ser Libro Electrónico	
Concepto 3	
Definición de Climatología Autor 3.	
Título del Libro	
Nombre del Autor (es)	
Año, Editorial, Numero de paginas	
URL, en caso de ser Libro Electrónico	
Concepto 4	
Definición de Meteorología Autor 3.	
Título del Libro	
Nombre del Autor (es)	
Año, Editorial, Numero de paginas	
URL, en caso de ser Libro Electrónico	
Concepto 5	
Definición de Meteorología Autor 3.	
Título del Libro	
Nombre del Autor (es)	
Año, Editorial, Numero de paginas	
URL, en caso de ser Libro Electrónico	
Concepto 6	
Definición de Meteorología Autor 3.	
Título del Libro	
Nombre del Autor (es)	
Año, Editorial, Numero de paginas	
URL, en caso de ser Libro Electrónico	

TEMA 2. ATMÓSFERA

2.1. COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera, otra capa de la Tierra igualmente importante, formada por una mezcla de gases que envuelve nuestro planeta y que se mantiene unida a él por la fuerza de gravedad. Atmósfera es una palabra que proviene del griego y se divide en dos vocablos: athmos que significa “aire” y sphaira que significa “esfera”; por lo cual etimológicamente la palabra quiere decir “esfera de aire”. La atmósfera y la hidrósfera constituyen el sistema de capas fluidas superficiales del planeta, cuyos movimientos dinámicos están estrechamente relacionados. Las corrientes de aire reducen drásticamente las diferencias de temperatura entre el día y la noche, distribuyendo el calor por toda la superficie del planeta. Este sistema cerrado evita que las noches sean gélidas o que los días sean extremadamente calientes.

Entre las funciones más importantes de la atmósfera terrestre, tenemos las siguientes: suministra una mezcla de gases adecuada para cualquier forma de vida existente sobre la tierra; atenúa las diferencias térmicas. Sin la atmósfera, la temperatura de la superficie terrestre llegaría a más de los 100°C durante el día, mientras que por la noche bajaría a menos de 180°C bajo cero; protege la vida sobre la tierra ya que filtra las radiaciones solares, impidiendo el paso de los rayos perjudiciales para los seres vivos. En sus capas bajas, se producen los fenómenos meteorológicos necesarios para los animales y vegetales, transporta humedad de los océanos a los continentes mediante un sistema constante de circulación planetaria. Además, actúa como escudo protector contra los meteoritos, los cuales se trituran en polvo a causa de la fricción que sufren al hacer contacto con los gases.

La atmósfera es una envoltura gaseosa que rodea a la Tierra, compuesta por una combinación de gases, que incluye nitrógeno, oxígeno, argón, dióxido de carbono y otros gases, como helio y ozono. La atmósfera, en ocasiones denominada simplemente como “aire”, comienza en la superficie de la Tierra, y no existe consenso sobre la distancia a la que termina.

Descripción de los componentes principales de la atmósfera:

- **Nitrógeno (N_2):** Constituye aproximadamente el 78% del volumen del aire. Aunque abundante, las plantas solo pueden absorber alrededor del 1% de este gas, ya que es inerte y no se combina fácilmente con otros elementos.
- **Oxígeno (O_2):** Representa alrededor del 21% del volumen atmosférico. Es esencial para los organismos vivos, ya que se utiliza en la respiración y la fotosíntesis. Además, es necesario para los procesos de combustión.
- **Argón (Ar):** Este es un gas noble, lo que significa que es inactivo y no reacciona químicamente con otros elementos. Se encuentra en la atmósfera en una proporción de aproximadamente el 1%.
- **Dióxido de carbono (CO_2):** Aunque constituye solo alrededor del 0.04%, el CO_2 es crucial para el ciclo del carbono y el efecto invernadero. Es esencial para la fotosíntesis y regula la temperatura global.
- **Gases nobles:** Estos incluyen el helio (He) y el neón (Ne), que se encuentran en pequeñas cantidades. Son inactivos y no participan en reacciones químicas.
- **Otros componentes:** También hay trazas de metano (CH_4), hidrógeno (H_2), óxido nitroso (N_2O), ozono (O_3), vapor de agua y aerosoles.

Por su abundancia y las funciones que desempeñan en los seres vivos, los principales gases atmosféricos son el nitrógeno y el oxígeno. Gracias a los avances de la tecnología se sabe que, hasta los 10 km de altura aproximada, el aire en promedio contiene además de nitrógeno y oxígeno, argón y vapor de agua; también se incluyen en la atmósfera baja, dióxido de carbono, neón, helio, kriptón, hidrógeno, ozono y xenón, principalmente. De los componentes variables, esta parte de la atmósfera contiene cantidades de sales marinas, polen, ceniza volcánica, microorganismos, polvo y contaminantes atmosféricos diversos.

El oxígeno respirable y que se presenta en el aire, es molecular; se forma de dos átomos de este elemento (oxígeno diatómico). Su existencia permite la vida, la oxidación de metales y rocas, la combustión (propiedad llamada comburencia), así

como la descomposición de organismos muertos para incorporar las sustancias de los procesos biológicos. Por su parte el nitrógeno, además de ser respirado y vuelto a emitir al aire, es absorbido por algunos vegetales que lo fijan al suelo para enriquecerlo. Toda esta distribución de los componentes de la atmósfera explica los diversos fenómenos que repercuten sobre la superficie terrestre

2.1.1. PROPIEDADES Y TERMODINÁMICA DE LA ATMOSFERA

2.1.1.1. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA ATMÓSFERA

El gas atmosférico está integrado por diferentes componentes; éstos pueden ser:

- **Permanentes:** Consiste en aquellos gases que siempre están presentes en el aire, como el nitrógeno que es el gas permanente más abundante en la atmósfera en una proporción de 78%, le sigue el oxígeno con 21%, y el 1% restante lo conforman el argón, dióxido de carbono, vapor de agua, hidrógeno, ozono, metano, monóxido de carbono, helio, neón, kriptón y xenón.
- **Variables:** Son aquellos elementos que pueden o no estar presentes en el aire, dependiendo de las condiciones del medio; éstos pueden ser la ceniza volcánica, humo, polvo e impurezas en general, conocidas como contaminantes.

2.1.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ATMÓSFERA

Los gases que forman a la atmósfera poseen diversas propiedades físicas; las más importantes son: densidad, temperatura, transparencia, diatermancia y movilidad.

Por efecto de la gravedad que comprime los gases que componen el aire, la atmósfera alcanza su máxima densidad y peso en el nivel del mar, pero uno y otro disminuyen rápidamente con la altura.

Una propiedad que tiene que ver con la densidad es la compresibilidad y expansibilidad, que es la capacidad de la atmósfera para contraerse y ensancharse. Al aumentar la presión y la temperatura, el aire se expande; por el contrario, al

disminuir estas variables se comprime. Ello hace que en el ecuador la atmósfera sea más amplia y espesa que en los polos. De esta forma existen lugares delimitados por la circulación general de la atmósfera, donde el aire que desciende (no necesariamente frío) forma zonas de alta presión, y el aire que asciende (normalmente cálido) forma zonas de baja presión.

En la atmósfera la temperatura no es constante, varía conforme a la altura. Esta variación se debe a que la atmósfera se calienta por irradiación desde el ras del suelo hacia arriba.

Por su composición, la atmósfera es una capa transparente: permite el paso de la luz y el calor, lo cual posibilita que la superficie del planeta se ilumine y se caliente, y que ese calor se transmita al aire. El color azul de la capa inferior de la atmósfera llamada tropósfera, se debe a que ésta se desvía del espectro solar, cuando entra en contacto con el nitrógeno y el oxígeno.

La atmósfera también se ve de diferentes colores debido al espesor y a la densidad del aire, así como a la oblicuidad con que los rayos solares llegan hasta nuestros ojos. Por ejemplo, el color rojo que presenta el Sol cuando ya se está ocultando se debe a que la luz, muy oblicua, tiene que atravesar un espesor de atmósfera mayor y más densa que cuando se encuentra en el cenit. El aire que está en contacto con la Tierra se calienta, tiende a subir y el aire frío baja, provocando movimientos verticales del aire llamado corrientes convectivas.

También el aire tiene la propiedad de moverse de manera horizontal como el viento; esto es lo que explica la propiedad de movilidad de la atmósfera. Por otro lado, la atmósfera tiene una propiedad conocida como diatermancia, que consiste en regular y dejar pasar ondas electromagnéticas como luz, rayos X y ultravioleta, pero sin absorber la energía calorífica del Sol, ya que ésta se manifiesta hasta que llega a la superficie terrestre. Otra propiedad física de la atmósfera es que propicia la propagación del sonido a una velocidad de 240 m/s.

La atmósfera se manifiesta en fenómenos térmicos (frío/calor), fenómenos acuosos (nubes, precipitaciones), fenómenos mecánicos (vientos, tormentas de

arena, erosión), fenómenos ópticos (nieblas, arco iris, auroras, rayos), fenómenos eléctricos (rayos), fenómenos acústicos (truenos), etc. La mayoría de todos estos fenómenos vienen condicionados por los fenómenos térmicos (e.g. las precipitaciones y los vientos), y éstos a su vez por los factores astronómicos (ciclo diario y anual); esta última correlación debió de conocerse muy tempranamente, dando origen a los calendarios. Si no fuera por el calentamiento solar diferencial, la atmósfera y los océanos estarían en reposo moviéndose con toda la Tierra como un cuerpo rígido (salvo el pequeño bombeo gravitacional luni-solar).

La atmósfera es un escudo radiactivo que nos protege de radiaciones dañinas, electromagnéticas (como las radiaciones UVA, UVB, rayos X y rayos gamma) y de partículas (como el viento solar y las radiaciones cósmicas). Y sin embargo deja pasar las radiaciones visibles, lo que nos ha permitido aprender tanto de las estrellas (¡qué hubiera sido de vivir en una atmósfera ópticamente densa como la de Venus!). También deja pasar otras radiaciones electromagnéticas que nos permiten comunicarnos con las naves espaciales de una forma eficiente (en el interior del océano apenas se propagan las ondas electromagnéticas y hay que usar ondas acústicas), así como las radiaciones infrarrojas en torno a $10\text{ }\mu\text{m}$, que alivian el efecto invernadero.

Toda esta distribución de los componentes de la atmósfera explica los diversos fenómenos que repercuten sobre la superficie terrestre.

La termodinámica es la ciencia de la temperatura y el calor (que no es lo mismo: temperatura es el nivel de la energía interna térmica, y calor es el flujo de energía interna térmica a través de una superficie impermeable a la materia).

Las sustancias más corrientes en termodinámica son el aire y el agua, y la atmósfera es básicamente aire y agua (el aire también está disuelto en el mar, y tanto el aire como el agua forman parte del suelo). El aire, como no se ve, parece algo difícil de comprender, aunque una vez aprendido el modelo de gas perfecto, resulta muy fácil de estudiar. El agua en cambio, como parece que se ve (aun siendo transparente como el aire), nos parece más asequible, incluso después de constatar

que, por estar la temperatura de la Tierra cercana a la del punto triple del agua, ésta puede cambiar con facilidad entre los estados sólido, líquido y gaseoso.

Considerándose como de los primeros procesos termodinámicos de la atmósfera, a los cambios de estado; el vapor de agua puede cambiar de estado (sólido, líquido, gaseoso) a las temperaturas y presiones normales sobre la superficie de la Tierra. Los procesos de cambio de estado exigen que el calor sea absorbido y liberado.

La cantidad de calor es medida en calorías. Una caloría es la cantidad de calor que debe ser adicionada a 1 gramo de agua para aumentar su temperatura en 1°C ($1\text{ caloría} = 4,186\text{ Joules}$), la cantidad de calor absorbida o liberada en un cambio de estado no implica un cambio de temperatura de la sustancia.

La energía es usada para romper la estructura cristalina interna del hielo y derretirlo. Esta energía no está disponible como calor hasta que el líquido retorna al estado sólido. La importancia del calor latente en los procesos atmosféricos es crucial.

El agua en la atmósfera se encuentra en tres formas: vapor de agua en fase gaseosa, invisible debido a su tamaño muy pequeño; gotas de nube o lluvia, fase líquida de diferentes tamaños, y cristales de hielo o nieve de fase sólida, en estructura ordenada o desordenada.

Las moléculas de vapor de agua pasan desde las superficies de cuerpos de agua hacia la atmósfera, este proceso de conversión de un líquido para gas, es llamado **evaporación**. Son necesarias 600 cal para convertir 1 g de agua a vapor de agua a una $T = 0^{\circ}\text{C}$ y 540 cal a una $T = 100^{\circ}\text{C}$. **Condensación** es el proceso por el cual el vapor de agua cambia para el estado líquido. En este proceso las moléculas de agua precisan liberar energía (calor latente de condensación) equivalente a la absorbida durante la evaporación. **Fusión** es el proceso por el cual un sólido se transforma en líquido. Requiere la absorción de aproximadamente 80 cal/g para el agua (calor latente de fusión). La solidificación (congelamiento), el proceso inverso, libera estas 80 cal/g. **Sublimación** es la conversión de un sólido

directamente para un gas sin pasar por el estado líquido y la deposición es el proceso inverso, la conversión de vapor para sólido. La sublimación y la deposición envuelven una cantidad de energía igual la suma de las energías comprendidas en los otros dos procesos. (600 cal/g + 80 cal/g).

Otro de los procesos termodinámicos se tienen las variables de humedad: presión de vapor, humedad absoluta y razón de mezcla de acuerdo a la La ley de Dalton afirma que la presión total de una mezcla de gases es igual la suma de las presiones ejercidas por cada gas constituyente.

Cuando el vapor de agua entra en la atmósfera las moléculas de agua se dispersan rápidamente, mezclándose con los otros gases y contribuyendo para la presión total ejercida por la atmósfera.

- **La presión de vapor** (e) es simplemente la parte de la presión atmosférica total debida al contenido de vapor de agua y es directamente proporcional a la concentración de vapor en el aire.
- **La humedad absoluta** es definida como la masa de vapor de agua (usualmente en gramos) por unidad de volumen (usualmente en m^3). Sería la densidad de vapor de agua.
- **La razón de mezcla** es la masa de vapor de agua (usualmente en gramos) por unidad de masa de aire seco (usualmente Kg.); También se puede usar la **humedad específica**, que es la masa de vapor de agua por unidad de masa de aire.
- De lo anterior da origen a los fenómenos atmosféricos.
- Los fenómenos atmosféricos ocurren en la troposfera. Son los siguientes:
- **Vientos**: se producen por diferencias de presión y temperatura entre las diferentes partes de la Tierra. Son responsables del reparto de las precipitaciones en todo el planeta.
- **Nubosidad**: es la fracción del cielo cubierta con nubes. Las nubes son masas visibles formadas por cristales de hielo o gotas microscópicas de agua suspendidas en la atmósfera.

- **Precipitaciones:** es la condensación del vapor de agua atmosférico.

Los fenómenos de rocío y escarcha se deben a la condensación de vapor de agua en superficies sólidas del suelo, que, por radiación, se enfrían isobáricamente durante la noche por debajo del punto de rocío o de escarcha del aire en contacto con ellas. Si una masa de aire atmosférico se enfría isobáricamente hasta descender su T por debajo del punto de rocío, se producirá condensación en forma de gotitas microscópicas formadas sobre los núcleos de condensación, constituyendo una niebla. Esto ocurre en la atmósfera debido a enfriamiento por radiación $\rightarrow$ nieblas de radiación. Al formarse las gotitas, las cuales se consideran cuerpos negros en las longitudes de onda en que irradian, la radiación emitida por la capa aumenta, favoreciendo aún más el enfriamiento. También puede ocurrir condensación porque una masa de aire se desplace horizontalmente por el suelo hacia regiones más frías, enfriándose el aire por conducción de calor hacia el suelo (nieblas de advección). El enfriamiento es casi isobárico puesto que las variaciones de presión en términos relativos son en general muy pequeñas.

2.2. ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera puede dividirse en una serie de capas horizontales bastante marcadas en función de la distribución de diferentes variables como presión, densidad, composición química y especialmente temperatura.

2.2.1. TROPOSFERA

Es la capa más baja y donde se desarrolla la mayor parte de la actividad meteorológica, se encuentran las nubes, las precipitaciones y la mayor parte de la masa de aire.

Capa cuya extensión es de unos 10 Km en los polos, llegando a los 18 en el ecuador varía en función de la estación, alcanzando mayor altura en verano, al aumentar en altura disminuye la temperatura: se produce un gradiente térmico de unos 65°C cada 100m legando a alcanzar los -70° .

En esta capa se concentran el 80% de los gases atmosféricos, y en ella se produce una mezcla de componentes y la dispersión de contaminantes: por convección, turbulencias e interferencia de movimientos verticales (ascendentes y descendentes), también es donde se forman las nubes y donde se producen los fenómenos atmosféricos en ella tiene lugar el efecto invernadero.

Tropopausa: fase intermedia entre la troposfera y la estratosfera, Se produce una inversión de temperatura que dificulta los movimientos verticales, la tropopausa muestra discontinuidades, en ella se producen corrientes en chorro.

2.2.2. ESTRATOSFERA

En esta capa se ubica la capa de ozono y la temperatura aumenta con la altura debido a la absorción de la radiación ultravioleta esta capa llega hasta los 50-60 Km.

En ella la temperatura aumenta progresivamente al aumentar en altura, fenómeno que se le atribuye a la presencia del ozono (el ozono presente absorbe los rayos Ultravioleta (UV) y se calienta) En esta capa los gases se disponen en estratos, los movimientos que en ella se producen son horizontales, la mezcla vertical es muy lenta.

El ozono es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno, que solamente se mantiene estable en determinadas condiciones de temperatura y presión, de ahí su espesor variable.

Esta capa contiene alrededor del 90% del ozono total de la atmósfera. Actúa de filtro absorbiendo la radiación ultravioleta de alta frecuencia.

2.2.3. MESOSFERA

La temperatura disminuye nuevamente en esta capa, y aquí ocurren fenómenos como las estrellas fugaces se extiende hasta los 80 Km. La temperatura disminuye de nuevo hasta -100°C . Es una capa de muy baja densidad. Esta capa contiene solamente alrededor del 1% de la masa total de la atmósfera. En ella se produce la desintegración de meteoritos, la mesopausa es su límite superior.

2.2.4. TERMÓSFERA

Aquí, la temperatura vuelve a aumentar debido a la radiación solar se extiende hasta los 600 Km. La temperatura aumenta hasta los 1000 °C. Es una capa en que la temperatura aumenta nuevamente con la altura Su composición consiste principalmente en hidrógeno contiene capas formadas por iones: partículas cargadas eléctricamente, en ella se producen fenómenos luminosos muy interesantes las auroras boreales, en el hemisferio Norte y auroras australes en el hemisferio Sur, su límite es la termopausa, donde se registra una temperatura de 1.500°C.

2.2.5. EXÓSFERA

Es la capa más externa, donde las partículas están muy dispersas y la atmósfera se funde con el espacio exterior, se trata de la capa externa se extiende hasta los 9.600 kilómetros de altura formada principalmente por partículas de hidrógeno y helio, su densidad es bajísima, es tan pequeña que no refleja la luz.

En esta zona se encuentran los Cinturones De Van Allen (1958), que tienen gran importancia a la hora de conocer los elevados índices de radiactividad que debían soportar los equipos en los viajes espaciales, ceupe (European Business School).

2.3. EFECTO INVERNADERO

2.3.1. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA

El efecto invernadero es un fenómeno natural que permite la vida en la Tierra al retener el calor necesario para mantener una temperatura global estable. Este proceso es crucial para evitar las extremas fluctuaciones de temperatura que de otro modo harían imposible la vida tal como la conocemos. La energía solar que llega a la Tierra es parcialmente absorbida y reemitida por los gases de efecto invernadero, creando un balance térmico que ha permitido el desarrollo de los ecosistemas a lo largo de millones de años.

Sin embargo, las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han aumentado la concentración de estos gases, intensificando el efecto invernadero natural y contribuyendo al calentamiento global. Este desequilibrio puede llevar a cambios climáticos significativos, afectando la biodiversidad, los patrones meteorológicos y el nivel del mar. Por lo tanto, es imperativo tomar medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover prácticas sostenibles que ayuden a preservar el equilibrio climático del planeta para las futuras generaciones.

El efecto invernadero se refiere a la capacidad de la atmósfera para atrapar el calor del sol, aumentando la temperatura del planeta. Cuando la energía del sol llega a la Tierra, la atmósfera absorbe algo de ella en el camino hacia abajo y luego absorbe más cuando esa energía se refleja de nuevo en la superficie durante el día. Esta energía atrapada calienta la atmósfera, aumenta la temperatura del planeta y distribuye el calor a su lado nocturno, cuando el calentamiento solar no está disponible. Cuanto más densa es la atmósfera y mayor es la concentración de moléculas que contienen energía como el vapor de agua y el dióxido de carbono, más energía puede atrapar la atmósfera.

Importancia del efecto invernadero:

- **Supervivencia de la vida:** Sin el efecto invernadero, la temperatura del planeta sería similar a las condiciones experimentadas en la luna, con cambios extremos de temperatura entre el día y la noche. El efecto invernadero es vital para mantener un ambiente adecuado para la vida en la Tierra.
- **Equilibrio térmico:** El efecto invernadero natural mantiene al planeta en un promedio amigable de 15 °C (59 °F). Sin él, la superficie de la Tierra sería aproximadamente 33°C (59°F) más fría³.
- **Cuidado necesario:** Sin embargo, un aumento excesivo en el efecto invernadero debido a la actividad humana (como la quema de combustibles

fósiles) puede ser peligroso, ya que contribuye al calentamiento global y al cambio climático.

En resumen, el efecto invernadero es esencial para la vida tal como la conocemos, pero debemos equilibrarlo cuidadosamente para evitar consecuencias negativas.

2.3.2. GASES INVERNADERO

El efecto invernadero es un fenómeno natural que permite la vida en la Tierra. La atmósfera terrestre actúa como un manto que retiene el calor solar, manteniendo una temperatura promedio que posibilita la existencia de agua líquida y, por ende, de la vida. Los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, son componentes naturales de la atmósfera que contribuyen a este proceso. Sin embargo, las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han aumentado la concentración de estos gases, intensificando el efecto invernadero y provocando el calentamiento global y el cambio climático. Es crucial tomar medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar sus efectos adversos en el clima global. La comprensión y gestión del efecto invernadero son fundamentales para el futuro sostenible del planeta y el bienestar de todas las especies que lo habitan. Los principales gases de efecto invernadero, responsables de retener el calor en la atmósfera terrestre y de regular la temperatura del planeta, incluyen el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el vapor de agua (H_2O) y el ozono (O_3). El CO_2 es el más conocido y abundante, generado principalmente por la quema de combustibles fósiles y la deforestación. El metano, que es mucho más potente que el CO_2 en términos de su capacidad para atrapar calor, proviene de fuentes como los vertederos y la ganadería. El óxido nitroso, otro gas potente, se emite durante procesos agrícolas e industriales, así como por la combustión de biomasa y combustibles fósiles. El vapor de agua amplifica el efecto invernadero, aunque su concentración depende principalmente de la temperatura y no de las actividades humanas directas. Finalmente, el ozono, presente tanto en la alta

atmósfera como en la troposfera, juega un papel complejo, protegiendo la vida terrestre de la radiación ultravioleta y contribuyendo al efecto invernadero.

Efectos Positivos: El efecto invernadero es importante, porque contribuye a la supervivencia de la vida en la tierra. sin el efecto invernadero, la temperatura del planeta sería similar a las condiciones experimentadas en la luna. en la superficie lunar, sin atmósfera para mediar los cambios de temperatura, la superficie puede alcanzar 134 grados centígrados (273 grados Fahrenheit) durante el día y -153 grados Celsius (-244 grados Fahrenheit) durante la noche. este dramático cambio de temperatura requirió que la NASA desarrollara equipos especializados para proteger a los astronautas de ambos extremos para los aterrizajes lunares. un cambio de temperatura similar en la Tierra habría producido un entorno hostil para la mayoría de los seres vivos.

Demasiado De Una Cosa Buena: desafortunadamente, mientras que un efecto invernadero moderado es vital para la vida, un efecto invernadero elevado puede ser peligroso. Desde la revolución industrial, la adopción generalizada de combustibles fósiles ha aumentado la cantidad de dióxido de carbono, vapor de agua y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera. Según un estudio realizado por el centro de análisis de información sobre dióxido de carbono del departamento de energía de los Estados Unidos, los niveles de dióxido de carbono han aumentado un 39,5 por ciento desde 1750, mientras que los niveles de metano en la atmósfera han aumentado en un 150 por ciento. los científicos del clima señalan este aumento en los gases que atrapan el calor como una de las razones por las que las temperaturas globales han aumentado durante este período.

Efectos Extremos; Una de las principales preocupaciones acerca de un aumento en el efecto invernadero es que los cambios pueden llegar a ser autosuficientes. A medida que más gases de efecto invernadero ingresan a la atmósfera, aumenta su capacidad para atrapar el calor. a medida que aumenta el calor de la atmósfera, también aumenta la cantidad de vapor de agua que puede contener, lo que aumenta aún más el efecto. Además, el aumento de las temperaturas globales amenaza con liberar grandes cantidades de carbono que

actualmente está congelado en las zonas de permafrost, lo que también exacerba el problema. la retención excesiva de calor podría provocar cambios masivos en la distribución natural del agua y la masa de tierra disponible a escala global. el efecto de los factores mitigantes, como el aumento de la capa de nubes que refleja la luz solar hacia el espacio, no se comprende bien.

2.4. COMPLEMENTOS EDUCACIONALES

Tabla 4. Complementos educativos del Tema 2. Atmósfera

COMPLEMENTOS EDUCACIONALES		
Tema 2. Atmósfera		
2.1. Composición de la atmósfera 2.2. Estructura vertical de la atmósfera	Cuestionario 1	
	Actividad	Describir la composición y estructura vertical de la atmosfera
	Instrucciones	El estudiante diseñara un cuestionario con preguntas y respuesta de opción múltiple el cual se adjunta. Utilizando la herramienta Quizizz. Sera importante, establecer tiempo de la respuesta correcta.
	Herramienta tecnológica	QUIZIZZ
	Material digital	Como utilizar Quizizz: https://n9.cl/g1sw7
	Ejemplo de Cuestionario 1	Anexo 2 – Ejemplo de cuestionario. Clic aquí
2.3. Efecto invernadero	Caso de estudio 2	
	Actividad	Desastres climatológicos: Caso incendio de bosques por calentamiento natural
	Instrucciones	Dar lectura al caso de estudio <i>“Establecimiento de estrategias</i>

		para disminuir incendios forestales. Como aporte al Centro Nacional de Prevención de Desastres.” que se encuentra en el anexo 3 y responder la pregunta “¿Qué estrategias de prevención puedes aportar sean necesarias y se debe aplicar para enfrentar este grave problema denominado desastre climatológico?” y estructurar mediante Power Point una presentación ejecutiva de 5 a 10 diapositivas que muestre las aportaciones y beneficios para la reducción de incendios forestales, y no se catalogue como desastre climatológico.
	Herramienta tecnológica	Power Point
	Material digital	Artículo de investigación: https://n9.cl/69cu53
	Ejemplo de Caso de Estudio	Anexo 3: Caso de estudio. Clic aquí
2.2. Estructura vertical de la atmósfera	Poster 3	
	Actividad	Diseñar la estructura vertical de la atmósfera y la relación entre ellas e impacto a los seres vivos
	Instrucciones	De acuerdo a la descripción que se tiene en el tema 2.2. como complemento de las actividades de aprendizaje el estudiante describirá los beneficios actuales

		que representan las capas de la atmósfera y el impacto a los seres vivos. Diseñara un poster sobre especifique la estructura de la atmósfera e incluirá elementos que reflejen los beneficios e impactos.
	Herramienta tecnológica	Piktochart
	Material digital	Como utilizar: https://n9.cl/q8ier
	Ejemplo de poster	Anexo 4: Ejemplo de poster de 

ANEXO 2 – EJEMPLO DE CUESTIONARIO DEL CUESTIONARIO 1

Cuestionario: preguntas y respuestas referente a la atmosfera

1. ¿Cuál es el gas que se encuentra en mayor proporción en el aire?

- a) Nitrógeno
- b) Hidrógeno
- c) Oxígeno
- d) Dióxido de Carbono

2. Ordena de más próxima a más lejana a la corteza terrestre las cuatro capas que forman la atmósfera:

- a) Troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera
- b) Estratosfera, troposfera, mesosfera, termosfera
- c) Troposfera, mesosfera, estratosfera, termosfera
- d) Troposfera, estratosfera, termosfera, mesosfera

3. ¿En qué capa de la atmósfera se producen los fenómenos meteorológicos?

- a) Troposfera
- b) Mesosfera
- c) Estratosfera
- d) Termosfera

4. ¿Qué son los gases de efecto invernadero y cuáles son sus efectos?

Los gases de efecto invernadero son sustancias presentes en la atmósfera que atrapan el calor del sol, actuando como una manta alrededor de la Tierra. Esto mantiene el planeta más cálido de lo que sería sin ellos.

5. ¿Cuáles son los principales gases de efecto invernadero?, y menciona sus efectos

- a) Dióxido de carbono (CO_2): Es el gas más peligroso y prevalente. Su aumento, principalmente debido a la quema de combustibles fósiles, impulsa el cambio climático global. Los niveles atmosféricos de CO_2 son los más altos jamás registrados y siguen creciendo¹.
- b) Vapor de agua: Aunque no es causado directamente por actividades humanas, el vapor de agua también contribuye al efecto invernadero.
- c) Metano (CH_4): Proviene de actividades agrícolas, ganadería, vertederos y combustión de combustibles fósiles. Es un gas de efecto invernadero potente.

- d) Óxido nitroso (N_2O): Se libera principalmente por la agricultura y la quema de combustibles fósiles.

6. ¿Qué es el efecto invernadero?

El efecto invernadero se refiere a la capacidad de la atmósfera para atrapar el calor del sol. Cuando la energía solar llega a la Tierra, la atmósfera la absorbe y la mantiene cerca de la superficie. Esto aumenta la temperatura del planeta y distribuye el calor incluso durante la noche. Cuanto más densa es la atmósfera y mayor es la concentración de moléculas de gases de efecto invernadero, más energía puede atrapar

7. ¿Por qué es importante el efecto invernadero?

El efecto invernadero es crucial para mantener la temperatura media de la Tierra en un nivel adecuado para la vida. Sin él, la temperatura promedio sería de -18°C en lugar de los actuales 15°C .

ANEXO 3 – CASO DE ESTUDIO 2

Establecimiento de estrategias para disminuir incendios forestales. Como aporte al Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Caso: México registra el número de incendios activos más alto en lo que va de 2024.

Al menos 95 incendios forestales activos afectan más de 3,049 hectáreas en 18 entidades según la Conafor, el Estado de México concentra el mayor número. En su reporte diario más reciente, con corte a las 11:00 horas, la Conafor indicó que consumió 31 incendios, con un registro de afectación a poco más de 1,676 hectáreas de superficie. Al sumar los fuegos activos y apagados, se registraron 126 incendios forestales este día con más de 4,725 hectáreas perjudicadas, mientras que 4,206 personas se ocuparon en el combate del fuego y siete helicópteros sobrevolaron en actividades de apoyo en seis estados. El Estado de México es la entidad que concentra el mayor número de incendios forestales activos, con 16. Le siguen Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Puebla, todos con nueve igniciones; Guerrero, con ocho; Hidalgo, con siete; y Chiapas, con seis. Asimismo, se reportaron cinco incendios activos en Veracruz; tres en Durango y Tamaulipas; dos en Colima, Guanajuato, Nuevo León y Zacatecas; y uno respectivamente en Morelos, Tabasco y Yucatán. De igual manera, la Conafor detalló que 14 áreas naturales protegidas están inmersas en incendios forestales, principalmente en el centro del país. Entre ellas, están las ubicadas en los volcanes Iztaccíhuatl-Popocatepetl, el Nevado de Toluca y La Malinche. También mencionó los parques ecológicos de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacan; el Ecológico Turístico y Recreativo Zempoala La Bufa, denominado Parque Otomí-Mexica, y el Corredor Biológico Chichinautzin. En México, se ubican dos temporadas de incendios forestales, con la primera entre enero y junio para las zonas centro, norte, noreste, sur y sureste del país. La segunda temporada es en el noroeste del país y va de mayo a septiembre. Entre el 1 de enero y el 15 de marzo de 2024 se han reportado 400 incendios en al menos 16 estados, con más de 13,419 hectáreas afectadas y el Estado de México con el mayor número, con un total de 63. Según datos del

Centro Nacional de Prevención de Desastres, el 90% de los incendios forestales surgen por descuidos, actos de vandalismo o imprudencia, mientras que 1 de cada 10 derivan de fenómenos naturales como descargas eléctricas o erupciones volcánicas.

Ante este escenario, ¿qué paso debe dar “El Centro Nacional de Prevención de Desastres” para continuar con la difusión de medidas de control ante la ciudadanía?

Noticias: Forbes staff marzo 26 2024

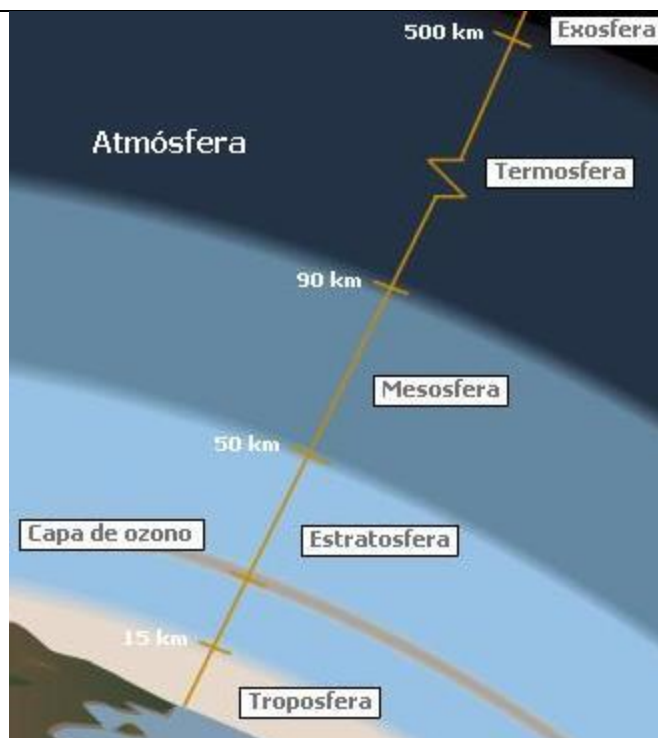
Ante la situación que se expone:

¿Qué estrategias de prevención puedes aportar sean necesarias y se debe aplicar para enfrentar este grave problema denominado desastre climatológico?

Utilizando la Herramienta de Power Point, el estudiante diseñara un documento ejecutivo de al menos 5 diapositivas que muestre las aportaciones y beneficios para la reducción de incendios forestales, y no se catalogue como desastre climatológico.

ANEXO 4 - EJEMPLO DE POSTER: ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMOSFERA

Ejemplo de poster: estructura vertical de la atmosfera



De acuerdo a la descripción que se tiene en el tema 2.2. como complemento de las actividades de aprendizaje el estudiante describirá los beneficios actuales que representan las capas de la atmosfera y el impacto a los seres vivos.

Utilizando la Herramienta de Piktochart, diseñaras la estructura de la atmosfera e incluirá elementos que reflejen los beneficios e impactos.

TEMA 3. FACTORES Y ELEMENTOS DEL CLIMA

3.1. LONGITUD, LATITUD Y ALTITUD, DISTRIBUCIÓN DE TIERRAS Y AGUAS, VEGETACIÓN Y RELIEVE

Los elementos de los climas unidos a los factores que los determinan son las distintas variedades y estados de tiempo, en un momento y lugar concreto. La comprensión de los elementos y factores del clima es esencial para entender cómo se forman las condiciones atmosféricas que experimentamos. Los elementos son las magnitudes meteorológicas que se pueden medir como: temperatura, humedad del aire, presión atmosférica, vientos, evaporación y precipitación son indicadores directos de las condiciones meteorológicas. Por otro lado, los factores del clima; que se pueden clasificar en astronómicos y planetarios cuyas características son la radiación solar, circulación atmosférica; que junto a los movimientos de la tierra dan origen a las condiciones climáticas. También se encuentran los factores geógrafos, los que determinan la distribución de los océanos y continentes, con relieve, corrientes marinas dando lugar a los tipos de clima.

Elementos del Clima

1. **Precipitación:** La cantidad de agua que cae al suelo en forma de lluvia, nieve, granizo, etc. La precipitación depende de la condensación del vapor de agua en la atmósfera.
2. **Temperatura:** La medida del calor o frío en un lugar. La temperatura varía según la latitud, altitud y otros factores.
3. **Humedad:** La cantidad de vapor de agua presente en el aire.
4. **Presión atmosférica:** La fuerza ejercida por la atmósfera sobre la superficie terrestre.

Factores del Clima

1. **Latitud:** La distancia desde el ecuador terrestre hasta un punto determinado. Afecta la inclinación de los rayos solares y, por lo tanto, la temperatura.

2. **Altitud:** La altura sobre el nivel del mar. A medida que ascendemos, la presión y la temperatura disminuyen.
3. **Relieve:** La topografía del terreno influye en la distribución de temperaturas y precipitaciones.
4. **Corrientes marinas:** Transportan calor y afectan las condiciones climáticas en las costas.
5. **Vegetación:** La cobertura vegetal modifica la humedad y la temperatura local.
6. **Distancia al mar:** Las áreas costeras tienen climas más moderados debido a la influencia del agua.

Existe una interacción compleja y dinámica entre los elementos y factores climáticos lo que hace que el estudio del clima sea tan fascinante y vital para diversas disciplinas, desde la agricultura hasta la planificación urbana.

A continuación, vamos a desarrollar las interacciones entre los elementos y factores que conforman los climas siendo muy variados y adoptan características determinadas a los climas:

Temperatura, otra definición es la cantidad de calor que hay en el aire, en un momento y lugar determinado. Los factores que afectan a la temperatura son; la radiación solar y el contenido de agua, latitud, altura del sol, relieve y superficies receptoras, masas de aire y corrientes marinas. La latitud, el 43% del flujo solar es reflejado por la atmosfera y las nubes; a mayor oblicuidad más pérdida. La absorción crece con el espesor de la atmosfera atravesada y porque la misma radiación afecta a mayor cantidad de superficies; esto ocasiona las zonas térmicas, basadas en la atmosfera, tenemos la zona cálida, la zona templada y las zonas frias.

La altitud, a más altura menor temperatura debido a la radiación, la transparencia del aire es mayor, más seca y más densa. La acumulación, el suelo y subsuelo de los continentes impiden el paso de los rayos luminosos y son malos conductores del calor. Su parte superficial se recalienta mucho durante la insolación y se enfría rápidamente al cesar esta. Las superficies acuáticas pueden ser

atravesadas por los rayos solares, acumulan calor, tardan más en calentarse y en enfriarse. El albedo es el porcentaje de poder reflejante o emisor de cada superficie receptora.

La segunda es la **Presión atmosférica**; en otros términos, es el peso de una columna de mercurio a nivel del mar. Magnitud es mm de mercurio. La presión norma y la medición se hacen por 1.013 mb por barómetro. Representación en superficie por isobaras y su diferencia es el gradiente de presión. Las variaciones nos dan los campos de presión, cuando la sobrepasamos se da el anticiclón (que deriva de bajas temperaturas constantes) y cuando está por debajo es una borrasca (que deriva de un calentamiento). En la zona cálida se mantienen las altas temperaturas todo el año, en las zonas frías hay un ascenso de aire por calentamiento.

Temperatura y Presión, son elementos que definen una masa de aire. La separación entre una masa y otra es un frente; las características son por contacto de unas con otras diferentes, provoca el dinamismo meteorológico.

Un tercer elemento es el **Viento**, que es un desplazamiento de aire desde la alta a la baja presión; su origen está en la rotación de la tierra y el magnetismo de esta, que genera la fuerza de Coriolis, que desvía los fluidos hacia la derecha y a la izquierda, siendo mayor en los polos y menor en el ecuador. En la superficie hay grandes flujos zonales, como son los alisios y los vientos del oeste, más dos cinturones de vientos y calmas, el ecuatorial y el subtropical. Un Monzón es una potente depresión térmica en verano en el Índico y en el Pacífico, que deja caer importantes lluvias.

La **humedad**, es otro elemento a considerar; es el contenido de agua en la atmósfera. Existen dos tipos de humedad:

Humedad absoluta, que es la cantidad de agua por unidad de volumen de aires y la humedad relativa, o relación entre humedad existente y la que podría contener como máximo. La capacidad de aire para admitir vapor de agua es limitada. Tiene una estrecha relación con la temperatura, porque la elevación o

descenso del aire da cambios en volumen, Cada temperatura tiene una cantidad máxima de vapor de agua. La condensación, es el proceso por el que el cambio de estado del agua depende del equilibrio entre el volumen del aire, presión, humedad y temperatura.

Desciende la temperatura cuando la masa de aire se enfría por debajo de su punto de rocío, se satura y se transforma en vapor líquido, cuando la superficie terrestre se enfría más rápidamente que el aire, el vapor de agua se condensa formando:

- Rocío, si está por encima de cero grados
- Helada, cuando está por debajo de los cero grados
- Nieblas, cuando las capas tienen una humedad relativa alta y se enfrían

Nubes, son gotitas en suspensión, Sus formas son; cuando el aire es estable forman nubes planas o estratos; cuando es inestable, cúmulos; transparentes cirrus; los opacos son nimbos.

Por ultimo las **Precipitaciones**, que junto con la temperatura es el elemento más significativo de los climas; con formas líquidas o sólidas. Los tipos de precipitaciones: de frentes o superficies de contacto entre masas de aire cálido y frío y las que en ellos se generan. Cuando se encuentran dos masas de aire de temperaturas distintas, la fría penetra en cuña por debajo de la cálida y la levanta del suelo, al ascender se enfría adiabáticamente y forma nubes y precipitaciones.

Termoconvectivas o convectivas, origen en el ascenso del aire que converge hacia zonas de borrasca; típica del cinturón de bajas de presiones ecuatoriales, donde el ascenso del aire por confluencia de los alisios que se refuerza por movimientos convectivos del aire en Ecuador.

Lluvias convectivas fuera del Ecuador, son lluvias de tipo tormentoso, el desencadenamiento es desigualdad de calentamiento del suelo para iniciar el movimiento ascendente.

Orográfica, masa de aire forzada a ascender por una barrera montañosa, al elevarse por la ladera de barlovento el aire se enfría adiabáticamente, se condensa y aparece la precipitación.

La sequía es la ausencia de precipitaciones; la térmica es un tipo, que se da sobre sustratos fríos y las dinámicas, que son debidas a la acción de los anticiclones.

3.2. RADIACIÓN SOLAR

3.2.1.COMPOSICIÓN DE RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es una manifestación fascinante de la energía que emana del Sol, nuestra estrella más cercana. Esta radiación es un espectro de energía que va desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, y es esencial para la vida en la Tierra, ya que proporciona la energía necesaria para los procesos biológicos como la fotosíntesis. La ley de Planck describe cómo un cuerpo negro ideal, como se aproxima la superficie del Sol, emite radiación en función de su temperatura. La ley de Wien, por otro lado, nos permite calcular la longitud de onda en la que se emite la máxima radiación, lo que a su vez nos da una idea de la temperatura de la superficie solar. La atmósfera terrestre actúa como un filtro protector, absorbiendo las radiaciones más dañinas y contribuyendo al efecto invernadero, un proceso natural que mantiene la temperatura de la Tierra dentro de un rango habitable. Sin embargo, el aumento de gases de efecto invernadero está intensificando este proceso, llevando a un calentamiento global y a cambios climáticos significativos. Es crucial entender estos conceptos para apreciar la compleja interacción entre el Sol y la Tierra, y para desarrollar estrategias sostenibles que protejan nuestro planeta.

La radiación solar se puede manifestar de tres formas distintas dependiendo de cómo se recibe en los objetos: Radiación directa: Es la que procede directamente del sol; radiación difusa, es la que se recibe de la atmósfera debido a la dispersión de la radiación solar en la misma y la radiación reflejada, es la que se refleja en la

superficie terrestre. Las superficies horizontales reciben más radiación difusa que reflejada y las superficies verticales más reflejada que difusa.

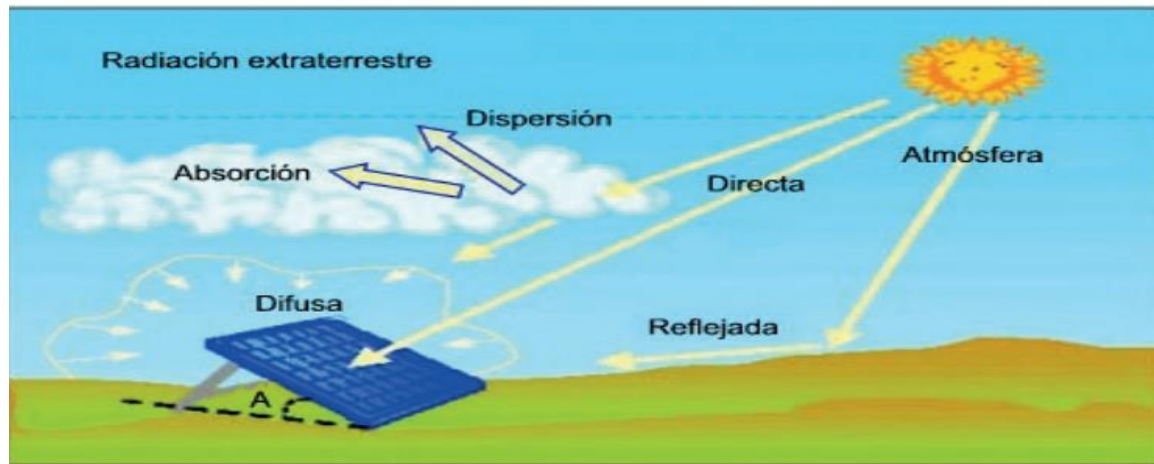


Ilustración 29. Radiación solar

La radiación solar se compone de varios tipos de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. Los principales tipos: Rayos infrarrojos (IR), representan aproximadamente el 49% de la radiación solar y proporcionan calor; rayos visibles (VI), constituyen alrededor del 43% de la radiación y nos brindan luz visible y los rayos ultravioleta (UV),: representan cerca del 7% de la radiación total.

Los rayos ultravioletas se subdividen en tres tipos: Ultravioleta A (UVA), atraviesan fácilmente la atmósfera y llegan a toda la superficie terrestre; ultravioleta B (UVB), tienen una longitud de onda más corta y llegan con más dificultad a latitudes elevadas y ultravioleta C (UVC), no atraviesan la atmósfera y son absorbidos por la capa de ozono.

La radiación solar se distribuye en un amplio espectro, desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. La atmósfera terrestre actúa como un filtro, absorbiendo algunas longitudes de onda y permitiendo que otras lleguen a la superficie. Por ejemplo, la radiación ultravioleta más peligrosa para la salud es absorbida por el ozono y el oxígeno. Además, la radiación solar contribuye al efecto invernadero, que

afecta la energía emitida por la Tierra. En resumen, la radiación solar es esencial para la vida en nuestro planeta y tiene efectos significativos en la atmósfera y la salud humana.

3.2.2. BALANCE DE LA RADIACIÓN SOLAR

La mayoría de los procesos ambientales que actúan cerca de la superficie de la Tierra derivan su energía de los intercambios de calor entre la Tierra y la atmósfera de arriba. Gran parte de este calor proviene de la energía radiante inicialmente proporcionada por la absorción de la radiación solar. La energía absorbida se utiliza para calentar la atmósfera, evaporar el agua, calentar el subsuelo junto con una serie de otros procesos

El balance de radiación del sistema terrestre es una contabilidad de los componentes entrantes y salientes de la radiación. Estos componentes se equilibran a lo largo de largos periodos de tiempo y sobre la Tierra en su conjunto. Si no lo fueran la Tierra se estaría enfriando o calentando continuamente. Sin embargo, en un corto período de tiempo, la energía radiante se distribuye de manera desigual sobre la Tierra.

La radiación de onda corta del Sol penetra a través del espacio hasta el borde exterior de la atmósfera sin obstáculos por el vacío del espacio exterior. Una vez que la radiación solar comienza a penetrar a través de la atmósfera esta cantidad comienza a disminuir debido a la absorción y reflexión. Alrededor del 30% de la radiación solar disponible en la parte superior de la atmósfera es reflejada o dispersa de regreso al espacio por partículas y nubes antes de que llegue al suelo. La radiación solar restante se abre paso a la superficie como radiación solar directa y difusa. La radiación solar directa (S) es radiación de onda corta capaz de penetrar a través de la atmósfera sin haber sido afectada por los constituyentes de la atmósfera de ninguna manera. La radiación difusa (D) es la radiación de onda corta que ha sido dispersada por los gases en la atmósfera. La dispersión es un proceso mediante el cual un haz de radiación se descompone en muchos rayos más débiles redirigidos en otras direcciones. En conjunto, la radiación directa y difusa de onda

corta representa la radiación solar entrante total o insolación ($K_{\downarrow}$). En forma de ecuación: $K_{\downarrow} = S + D$ Una porción de la radiación solar entrante es absorbida por la superficie y una porción también se refleja. La cantidad de reflexión ($K_{\uparrow}$) viene dada por la siguiente ecuación: $K_{\uparrow} = (S + D) \alpha$ La cantidad de reflexión depende básicamente del color de la superficie, las superficies más oscuras reflejan menos que las de colores más claros. Para algunas superficies, como el agua, el ángulo del sol afecta al albedo. Si has estado en un lago durante el día podrías haber notado que el sol se refleja más de la superficie cuando el sol está más bajo en el cielo que cuando está más directamente sobre la cabeza.

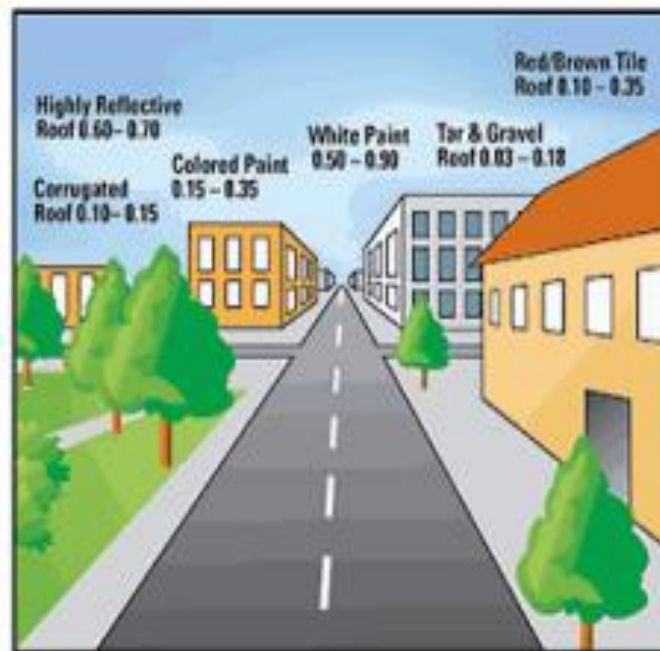


Ilustración 30. La superficie urbana más oscura absorbe más calor durante el día provocando isla de calor urbano.

La radiación neta de onda corta es la diferencia entre la radiación de onda corta entrante y saliente expresada como: $K^* = (S + D) - (S + D) \alpha$ Durante el día, K^* es un valor positivo ya que la entrada siempre excede la radiación saliente de onda corta. Por la noche, K^* es igual a cero ya que el Sol está por debajo del horizonte. (¡No, la luz de la luna no cuenta!).

La energía absorbida por la superficie es irradiada desde la Tierra como radiación terrestre de onda larga ($L_{\uparrow}$). La cantidad de energía emitida depende

principalmente de la temperatura de la superficie. Cuanto más caliente sea la superficie, más energía radiante emitirá.

La radiación absorbida se emite en todas las direcciones, siendo la parte dirigida hacia abajo la contra radiación atmosférica de onda larga ($L_{\downarrow}$). La diferencia entre la radiación de onda larga entrante y saliente es la radiación neta de onda larga expresada como: $L^* = L_{\downarrow} - L_{\uparrow}$

la onda larga neta puede ser cero o un número positivo. Si es cero la cantidad de radiación emitida por la superficie sería igual a la del aire. Esto es cierto cuando el aire y la superficie tienen la misma temperatura. Si el aire es más cálido que el suelo existe un valor positivo. Esto podría ocurrir con una pesada cubierta de nubes (las nubes son buenos absorbentes y radiadores de radiación de onda larga) o si una masa de aire caliente viaja sobre una superficie más fría.

la onda larga neta puede ser cero o un número positivo. Si es cero la cantidad de radiación emitida por la superficie sería igual a la del aire. Esto es cierto cuando el aire y la superficie tienen la misma temperatura. Si el aire es más cálido que el suelo existe un valor positivo. Esto podría ocurrir con una pesada cubierta de nubes (las nubes son buenos absorbentes y radiadores de radiación de onda larga) o si una masa de aire caliente viaja sobre una superficie más fría.

La radiación neta es la energía radiante que está disponible para realizar trabajos dentro del sistema terrestre. Este trabajo se manifiesta de diversas maneras, desde calentar el aire, hasta calentar la superficie, hasta provocar que el agua se evapore.

El balance de radiación es un concepto fundamental en la ciencia del clima, que describe cómo la energía del sol es absorbida, reflejada y emitida por la Tierra. Este equilibrio energético es crucial para mantener una temperatura global estable. La radiación solar que llega a la Tierra se compone de radiación directa y difusa; la primera llega sin ser alterada, mientras que la segunda es dispersada por los gases atmosféricos.

La radiación neta disponible se utiliza para realizar trabajos en el sistema de la Tierra. El uso principal de esta energía está en el cambio de fase del agua (calor latente, LE), cambiando la temperatura del aire (calor sensible, H), y subsuperficie (calor del suelo, G) o, $Q^* = H + LE + G$ Aunque existen otros usos para la radiación neta como la fotosíntesis y la meteorización de las rocas, son los tres usos anteriormente declarados los que son los más importantes. LE, H y G implican transferencias de calor no radiativas. Es decir, la conducción o convección/advección son responsables de la transferencia de calor, no de radiación electromagnética.

La comprensión de este balance no solo es importante para la climatología, sino también para otras aplicaciones prácticas como la agricultura, la arquitectura sostenible y la generación de energía solar.

3.2.3. MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN

La medición y estimación de la radiación solar es fundamental para aprovechar la energía del sol y diseñar equipos que utilizan esta fuente de energía. El aprovechamiento de la energía solar depende de la intensidad de la radiación solar incidente en un área específica. Actualmente, existen mapas de radiación solar que muestran los valores promedio de radiación diaria, mensual o anual en diferentes ubicaciones. La radiación solar se mide por su potencia energética transferida por unidad de área (W/m^2).

La radiación solar se mide con una serie de instrumentos de acuerdo a lo deseado. El término genérico para todos los instrumentos de medición de radiación es el radiómetro (Kronenberg, 2016)

Un radiómetro neto mide la radiación entrante y saliente de una capa de nieve alpina. Mediciones como esta ayudan a determinar el derretimiento de la nieve y la disponibilidad de agua para llenar embalses comunitarios.

Los piranómetros, es un instrumento que mide la radiación global (es la suma de la radiación que procede directamente del disco solar (radiación directa) y de la radiación solar dispersada a su paso por la atmósfera (radiación difusa) (Perez, s.f);

también llamados solarímetros o actinómetros, son instrumentos usados para medir la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre. Mide la densidad del flujo de radiación solar en un campo de 180 grados por encima del instrumento. Se coloca de forma horizontal. Están basados en el principio de absorción de la radiación solar por un cuerpo negro y su conversión a otra forma de energía.

Albedómetro: Por lo general consiste en dos piranómetros, donde uno se encuentra mirando al cielo y otro al suelo; sin embargo, existen algunos equipos especializados que Con un juego de piránómetros (uno mirando hacia arriba y uno hacia abajo), se puede obtener un albedómetro, que permitiría determinar el albedo, a partir de:

Pirheliómetro: Mide la radiación solar directa, se encuentra orientado hacia el Sol (las superficies receptoras siempre se encuentran perpendiculares a él), este instrumento va siguiendo al Sol conforme avanza por lo que necesita de un sistema que le permita girar y esconderse durante la noche un conforma van pasando las horas, para ello necesita de un brazo. Este equipo es instrumentos de primera clase y es casi el único que registra radiación solar directa.

Pirgeómetro: El pirgeómetro LP PIRG 01 se utiliza para medir la radiación infrarroja lejana(FIR). Se usa principalmente en la meteorología. Las medidas se refieren a radiaciones con una longitud de onda mayor que $4,5\mu\text{m}$ El pirgeómetro también puede ser utilizado para estudios sobre el balance energético, en este caso, además que otro pirgeómetro que mide la radiación infrarroja hacia arriba del suelo, es necesario un albedómetro (LP PYRA 05 o LP PYRA06) para medir la irradiancia en longitudes de onda corta ($<3\mu\text{m}$).

Heliógrafo Robinson (1966) define al heliógrafo como un instrumento que mide la cantidad de horas de sol (total en horas y décimos) durante el día en un lugar determinado. Es esencialmente una esfera de vidrio sólido pulido con un eje montado paralelo al de la tierra; es necesario orientar el plano vertical que pasa por el eje, e inclinar un ángulo igual a la latitud del lugar. La esfera actúa como un lente

y la imagen focalizada se mueve a lo largo de una banda de papel especialmente preparada que tiene una escala de tiempo (SENAMHI, 2003).

Mide la Insolacion solar. Es la energía solar por unidad de tiempo que llega a una unidad de superficie situada sobre un lugar concreto de la superficie terrestre (Zúñiga & Crespo, 2010).

3.3. TEMPERATURA

3.3.1.DEFINICIÓN DE TEMPERATURA Y CALOR

La temperatura es una medida del nivel promedio de energía cinética de una sustancia, es decir, el grado de picor o frialdad. El calor es la energía total asociada al movimiento de las moléculas mientras que la temperatura es el nivel promedio de energía. Una olla de agua hirviendo tiene una temperatura más alta que una tina tibia de agua, pero la tina contiene más calor porque hay más masa. Otra forma de definir las es:

La temperatura es una medida de la velocidad promedio del movimiento aleatorio de las moléculas que comprenden una sustancia. Básicamente, es una medida de lo caliente o frío que es algo; y el calor es el movimiento molecular total asociado a una sustancia, mientras que la temperatura es el movimiento promedio del molecular que compone una sustancia.

Hay dos formas en que la temperatura del aire puede cambiar. Puede haber un intercambio físico de calor entre el aire y la superficie terrestre en presencia de un gradiente de temperatura. Por ejemplo, si la superficie es más cálida que el aire de arriba, el calor se transferirá al aire para calentarlo. Este es un caso de cambio de temperatura diabático. La temperatura del aire también puede cambiar sin un intercambio físico de calor. A esto se le llama un cambio adiabático de temperatura que ocurre con las parcelas ascendentes de aire.

La temperatura, es una medida de la energía cinética promedio de las partículas en un sistema y no varía con la cantidad de materia. Por otro lado, el calor es la energía que se transfiere entre sistemas a diferentes temperaturas, un proceso

que depende de varios factores como la masa, el cambio de temperatura y las propiedades específicas de las sustancias involucradas.

Estos conceptos son esenciales para comprender fenómenos físicos y químicos, así como para aplicaciones prácticas en ingeniería, meteorología y otras ciencias. La termodinámica, que estudia la energía y sus transformaciones, se apoya en estos principios para analizar sistemas y predecir comportamientos en procesos como la transferencia de calor, la realización de trabajo y las transiciones de fase.

3.3.2.MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA

La comprensión de estos conceptos no solo es importante en el ámbito científico, sino que también tiene aplicaciones prácticas en la vida cotidiana, como en la calefacción y refrigeración de espacios, el funcionamiento de motores y refrigeradores, y en la meteorología, entre otros. La termodinámica, con sus leyes y principios, permite a los ingenieros y científicos diseñar sistemas más eficientes y a los meteorólogos predecir cambios climáticos, demostrando la relevancia de estos conceptos en diversas disciplinas y aplicaciones.

La temperatura superficial es la temperatura de la superficie terrestre, no la temperatura del aire por encima de ella. La temperatura del aire se mide a una altura de 4 a 6 pies sobre la superficie. Para obtener resultados precisos, los instrumentos deben estar protegidos del Sol y lejos de edificios y otras estructuras que puedan afectar las mediciones de temperatura.

Una de las dos escalas de medición comunes a la mayoría de nosotros, es la escala Fahrenheit en Estados Unidos y la escala Celsius en la mayoría de los demás países. La escala Celsius es un sistema de medición internacional aceptado porque se basa en una escala decimal que tiene 100 unidades entre los puntos de congelación y ebullición del agua. La escala Fahrenheit establece el punto de congelación del agua a 32 F y 212 F para hervir. En mucha investigación científica se utiliza la escala Kelvin. Se basa en el “kelvin”, un incremento unitario de temperatura. A diferencia de las escalas Fahrenheit y Celsius, el kelvin no se conoce

como un “grado”. Se trata de una escala absoluta dado que a cero absolutos cesa todo movimiento molecular. También tiene 100 unidades entre los puntos de congelación y ebullición del agua. El cero absoluto es -273 en la escala Celsius.

La temperatura es una propiedad de la materia que representa el movimiento interno de las partículas que la constituyen. Se mide mediante magnitudes termométricas utilizando un dispositivo llamado termómetro.

Información sobre las escalas de temperatura más comunes: Escala Celsius (°C): también conocida como “escala centígrada”. Punto de congelación del agua: 0 °C. y punto de ebullición del agua: 100 °C. Escala Fahrenheit (°F): utilizada en países de habla inglesa, punto de congelación del agua: 32 °F. y punto de ebullición del agua: 212 °F. La Escala Kelvin (K), Utilizada en ciencia. establece el “cero absolutos” como punto cero: -273,15 °C. La Escala Rankine; usada en Estados Unidos para medir temperatura termodinámica, carece de valores negativos o bajo cero.

Ejemplos de temperatura:

- Temperatura corporal promedio: 98,6 °F.
- Temperatura del motor de un auto encendido: 85 °C.
- Temperatura del agua para hervir: 100 °C.
- Temperatura del horno encendido para preparar una pizza: 256 °F.
- Temperatura en el núcleo solar: 15.700.000 K.

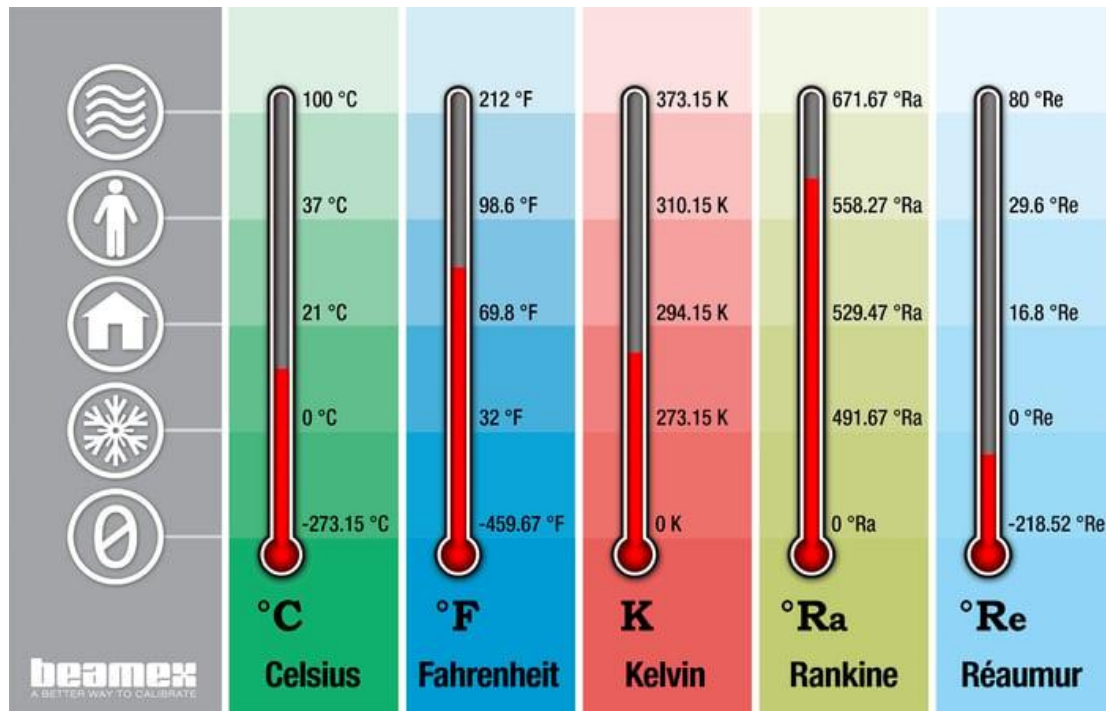


Ilustración 31. Escala de temperatura.

3.3.3.PERFIL VERTICAL DE LA TEMPERATURA

La magnitud que determina la pendiente del perfil de la temperatura se denomina gradiente geométrico o vertical de la temperatura y se define como

$$\alpha = -\frac{\partial T}{\partial z} \approx \frac{\Delta T}{\Delta z}$$

Cuyas unidades se expresan en grados/hm. En el caso de que el perfil sea adiabático el valor del gradiente vertical de la temperatura es $\alpha = \gamma = 0.98 \text{ °C/hm} \approx$
 $\alpha > \gamma$ **estratificación inestable**: indica que la temperatura potencial disminuye con la altura, que se corresponde con un perfil superadiabático, característico de los perfiles diurnos en la capa superficial.

$\alpha = \gamma$ **estratificación indiferente o neutral**: indica que el estrato es adiabático, común en las transiciones día-noche y noche-día y en situaciones de mucho viento.

$\alpha < \gamma$ **estratificación estable**: indica que la temperatura potencial aumenta con la altura, que se corresponde con un perfil subadiabático, característico de la inversión nocturna.

El estudio del perfil de temperatura es observar como varia esta con la altura, es decir si la temperatura aumenta o disminuye en cada uno de los estratos, estimando la estabilidad de la capa superficial atmosférica. A partir de los registros de temperaturas en cuatro niveles de altura establecidos en una torre meteorológica se pueden estimar los perfiles verticales medios horarios de la temperatura potencial en cada estación del año, en la figura siguiente se muestra perfiles estimados desde las 3 hasta las 24 horas, en intervalos de 3 horas.

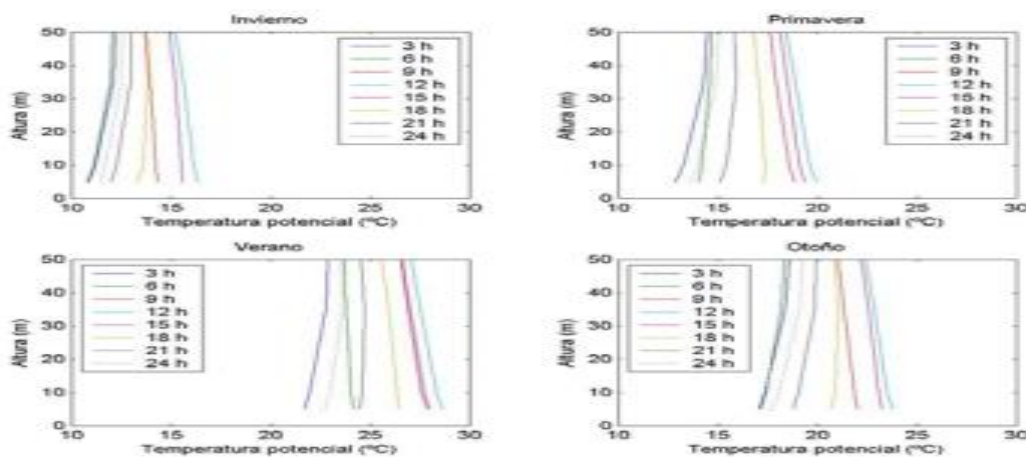


Ilustración 32. Perfiles medios de la temperatura potencial de cada estación del año en intervalos de 3 horas

Del análisis de los perfiles de temperatura potencial se extraen los siguientes aspectos:

Los perfiles nocturnos muestran estabilidad en todos los estratos, reflejando la inversión de radiación nocturna, como por ejemplo de las 3 horas UTC en todas las estaciones, la inversión se profundiza a lo largo de la noche hasta el amanecer.

Los perfiles diurnos muestran inestabilidad en todos los estratos, perfiles superadiabáticos, reflejando la convección, como por ejemplo el perfil de las 12 horas UTC en todas las estaciones. La pendiente de los perfiles diurnos aumenta durante la mañana hasta llegar a su máximo a las 12 horas UTC, después se mantiene el perfil superadiabático hasta la caída de la tarde.

Los perfiles correspondientes a las transiciones día-noche y noche-día muestran neutralidad en el estrato intermedio e inestabilidad en el estrato superior.

En general, en los perfiles superadiabáticos o subadiabáticos se observa que la intensidad de la estratificación disminuye con la altura.

En contraste, los perfiles nocturnos tienen, en valor absoluto, una pendiente menor que los diurnos.

3.3.4. HELADAS

La helada es un fenómeno meteorológico que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua. Esto provoca que el agua o el vapor en el aire se congele y se deposite en forma de hielo en las superficies.

Se forman por la pérdida de calor del suelo durante la noche. Durante el día, el suelo se calienta, pero al anochecer, pierde calor por radiación, especialmente en las noches largas de invierno. Por ello, las heladas más severas ocurren en esta estación del año.

Los principales elementos del tiempo que influyen en la formación de las heladas son el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar. Una de las condiciones que favorece la ocurrencia de heladas es la ausencia de aire. La temperatura del aire disminuye conforme aumenta su distancia a la superficie del suelo. Sin embargo, existe una inversión térmica cuando la temperatura es mayor conforme aumenta su elevación; cuando el cielo está cubierto por nubes (Nubosidad), estas disminuyen la pérdida de calor del suelo por radiación hacia la atmósfera y devuelven parte de ese calor a la tierra; para que ello ocurra, la temperatura del aire en movimiento debe ser mayor a la del punto de rocío (la temperatura a la cual el aire no admite más humedad); cuando sigue descendiendo la temperatura puede llegar a los 0°C y el vapor de agua que contiene produce una capa delgada de hielo en la superficie de la tierra, que se conoce como escarcha blanca. Si en la noche, el cielo está despejado, la pérdida de calor desde la superficie de la Tierra es continua. Así disminuye el calor de la tierra (fig) y con ello

se favorece la ocurrencia de las heladas. Cuando disminuye la temperatura a los 0° C o aún más, y el viento es escaso, el vapor de agua contenido en el aire, se condensa; si la humedad es abundante, ésta produce una nevada y cuando tiene poco contenido de humedad, se forma la helada. Una gran humedad atmosférica reduce la probabilidad de ocurrencia de heladas. Cuando se presenta una helada, sobre los cuerpos de agua en objetos del terreno se pueden formar varias capas de hielo (Fig) Durante el día, el suelo retiene el calor y durante la noche lo pierde; estos procesos dependen de la nubosidad y del viento que existan sobre ciertas regiones del planeta (Fig. 8). Cuando los días son más cortos y las noches más largas, aumenta la ocurrencia de heladas, por ello existe menor acumulación de calor en el suelo y ésta habrá de regresar a la atmósfera en mayor tiempo

Clasificación de las heladas

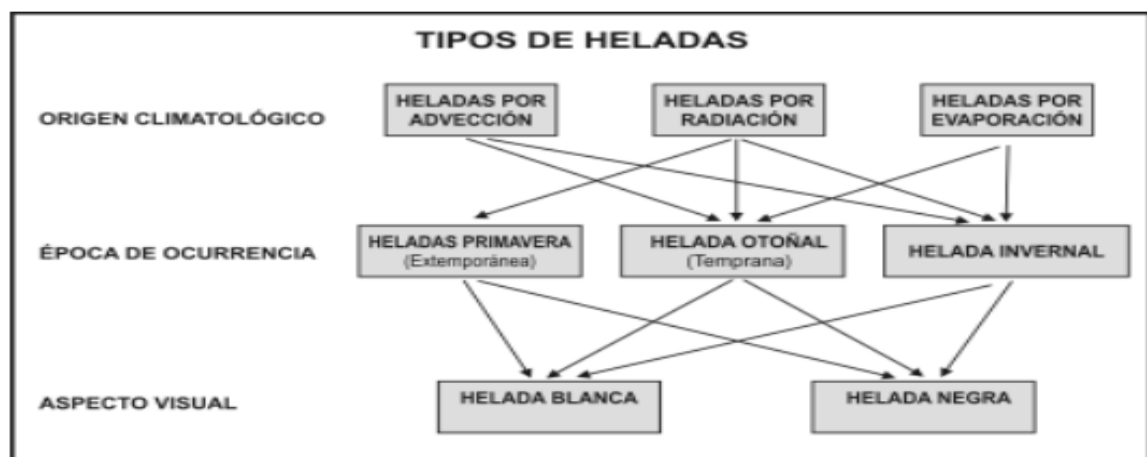


Ilustración 33. Tipos de heladas

Heladas a partir de su origen climatológico:

Heladas por advección: esta clase de heladas se forma cuando llegan grandes masas de aire frío de origen continental a una región hasta de 100 km², ubicada en las partes bajas de las montañas, en las cañadas o en valles (Fig.). Se presentan indistintamente en el día o noche. Ellas van acompañadas de vientos moderados a fuertes (velocidades mayores de 15 km/h) y durante ellas no existe inversión térmica.

Heladas por radiación: estas heladas se presentan por la pérdida de calor del suelo durante la noche. Como se mencionó, durante el día el suelo se calienta, pero al anochecer pierde calor por radiación, con mayor cantidad en las noches largas de invierno; por ello, las heladas más severas ocurren en esta estación del año.

Heladas por evaporación: se originan cuando el aire cercano a la superficie del suelo tiene una humedad relativa baja y disminuye aún más por la llegada de un viento con aire seco. Este último causa la evaporación del agua que se encuentra sobre las plantas, lo que provoca su enfriamiento. Esta helada, aunque poco frecuente, afecta a las plantas con flores, particularmente las hortalizas

Época de Ocurrencia:

- **Heladas primaverales:** Afectan principalmente a los cultivos de ciclo anual (como el maíz) cuando están en la etapa de brotación de ramas o con pocos días de nacimiento.
- **Heladas otoñales:** También llamadas heladas tempranas, pueden interrumpir bruscamente el proceso de formación de botones de las flores y la maduración de frutos.
- **Heladas invernales:** Afectan principalmente a los árboles perennes con frutos y especies forestales durante el invierno.

Por su aspecto visual:

Helada blanca: para que se presente esta helada es indispensable que el aire cercano al follaje y las flores tengan temperaturas iguales o menores que 0°C , de esta manera, el aire alcanza la temperatura del punto de rocío, ya que con ello existe condensación y de inmediato el vapor de agua del aire pasa al estado sólido para formar hielo. Este último forma capas de color blanco sobre la superficie de las plantas y en objetos expuestos; se observan principalmente en las mañanas despejadas y sin viento.

Helada negra: se desarrolla cuando el aire tiene poco vapor de agua (humedad baja) y la temperatura del punto de rocío es inferior a 0°C ; de modo que existe escasa condensación y nula formación de hielo sobre la planta. Sin embargo, los cultivos son dañados y al día siguiente las plantas presentan una coloración negruzca, por la congelación de la savia de las plantas o del agua de sus tejidos. Durante este tipo de helada sucede que, al congelarse el agua, se origina un incremento de su volumen, que deriva en el rompimiento y quemaduras en el follaje. Estas heladas causan daños más severos que las blancas.

3.3.5. EFECTOS DE LA TEMPERATURA

Efectos en la salud de la población por el frío extremo; un clima frío implica para el cuerpo humano varios efectos adversos. Algunos de éstos son directos, por ejemplo, los daños por la nevada o la helada, producen un aumento en las infecciones respiratorias agudas (IRAS), el congelamiento de la piel y la hipotermia (Engelbert, 1997). Además de provocar enfermedades de tipo circulatorio, ambas se incrementan notablemente durante la presencia de ondas gélidas (Kilbourne, 1997).

Efectos de las heladas en los cultivos; los cultivos son vulnerables a la helada, cuando la temperatura del aire desciende hasta formar cristales de hielo en el interior de sus células durante cierto tiempo. El proceso de deterioro de las plantas depende del estado vegetativo en que se encuentre y de la especie a la que pertenece.

3.3.6. PROBABILIDAD DE LOS EVENTOS ESTOCÁSTICOS Y PREDICCIÓN

En la teoría de la probabilidad, un proceso estocástico es un concepto matemático que sirve para representar magnitudes aleatorias que varían con el tiempo o para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo. Cada una de las variables

aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad y pueden o no estar correlacionadas entre sí.

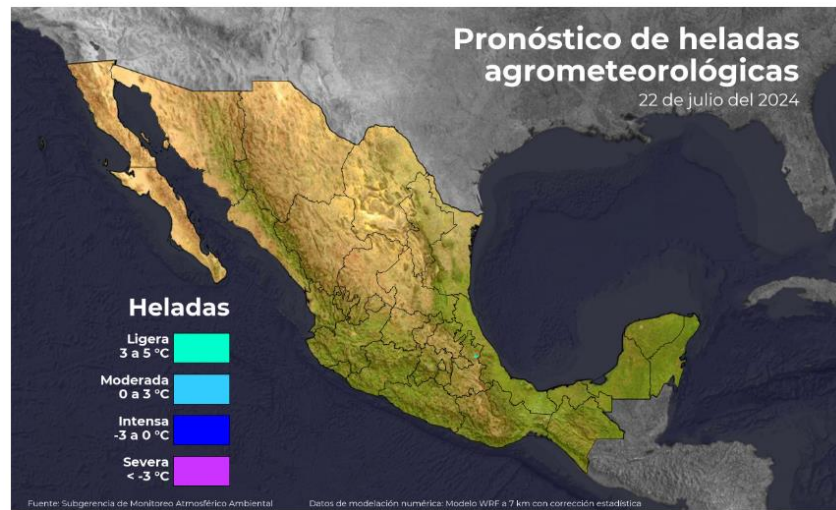


Ilustración 34. Pronóstico de heladas agrometeorológicas

Los mapas de pronóstico de heladas agrometeorológicas presentan la distribución de las temperaturas mínimas relevantes para el sector agrícola. Estas heladas no necesariamente deben alcanzar valores iguales o menores a 0 °C, como sucede con las heladas meteorológicas. Algunos cultivos pueden sufrir daños a partir de los 5 °C, medidos a dos metros sobre el suelo. El pronóstico de heladas agrometeorológicas se actualiza diariamente y proporciona estimaciones para los próximos tres días. Cada mapa ilustra las heladas para un periodo de 12 horas, desde las 20:00 h hasta las 08:00 h del día siguiente. Esta información se deriva de datos del modelo numérico WRF (Weather Research and Forecasting). Posteriormente, estos datos se ajustan estadísticamente para reducir la incertidumbre del pronóstico. La corrección implica calcular el sesgo de los últimos 15 días, basándose en las diferencias entre los valores pronosticados y los valores medidos por la red de estaciones del SMN. Esto nos permite ajustar el pronóstico diariamente, mejorando su precisión.

3.4. PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y VIENTOS

3.4.1. DEFINICIÓN

La presión en un punto de la atmósfera es simplemente el peso de la columna de aire de base unidad sobre ese punto. La presión atmosférica en superficie, será el peso de toda la columna que se alarga desde el suelo hasta el límite superior de la atmósfera. Para fines prácticos puede suponerse que la atmósfera termina a los 80 Km de altitud. Más arriba, el aire es tan escaso que su contribución al peso total puede considerarse despreciable (Ledesma, 2011). La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad de aire por encima nuestro será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí. (Rodríguez, Benito, & Portela, 2004). La presión atmosférica es el efecto que ejerce el peso de la masa de una columna de aire sobre un nivel específico. A nivel del mar, la presión atmosférica es aproximadamente 101320 Pascales (Pa).

La presión disminuye rápidamente con la altura, pero además hay diferencias de presión entre unas zonas de la troposfera. Son las denominadas zonas de altas presiones, cuando la presión reducida al nivel del mar, es mayor de 1.013 hectopascales o zonas de bajas presiones si el valor es menor que ese número.

El aire se desplaza de las áreas de más presión a las de menos formándose de esta forma los vientos.

La relación entre la presión atmosférica, la temperatura y la densidad del aire es crucial para entender cómo se forman los vientos.

Los vientos son los movimientos de aire en la atmósfera. Se forman debido a las diferencias de presión atmosférica causadas por las diferencias de temperatura. La distribución desigual de la radiación solar y las propiedades térmicas de las superficies oceánicas y terrestres contribuyen a la formación del viento. Las diferencias de presión entre distintos puntos de la corteza terrestre hacen que el aire se desplace, originando los vientos, frentes, borrascas y anticiclones.

3.4.2. GRADIENTES DE PRESIÓN

Un gradiente de presión, viene a ser la diferencia de presión entre dos puntos dividido por la distancia entre ellos. Brenes y Saborío (1995) manifiestan que se puede diferenciar dos tipos de gradientes de presión: Gradiente bórico horizontal; es la fuerza que ejerce el aire en movimiento. Este se mueve más rápido cuanto mayor sea el gradiente; de manera que la velocidad del viento es proporcional al gradiente horizontal de la presión atmosférica. Gradiente bórico vertical, la presión vertical irá disminuyendo con mucha más rapidez a medida que se asciende en la atmósfera, la tendencia de disminución es en progresión geométrica (JAnsa, 1968) (Brenes & Saborío, 1995).

En meteorología, los gradientes de presión son responsables de la formación de vientos y patrones climáticos, ya que el aire se mueve desde áreas de alta presión hacia áreas de baja presión, creando corrientes de aire que pueden llevar a la formación de sistemas meteorológicos complejos. Comprender el gradiente de presión permite a los científicos y a los ingenieros predecir y manejar estos comportamientos para una variedad de aplicaciones prácticas.

3.4.3. CENTROS DE ALTA Y BAJA PRESIÓN

La presión atmosférica, una fuerza invisible pero poderosa, juega un papel crucial en la meteorología y, por ende, en nuestra vida diaria. Su comprensión permite a los meteorólogos predecir el tiempo con mayor precisión, identificando patrones de altas y bajas presiones que dictan las condiciones climáticas. Este conocimiento es esencial para la planificación en sectores como la agricultura, la aviación y la gestión de desastres, donde la anticipación del tiempo puede significar la diferencia entre la seguridad y el riesgo. La presión atmosférica no solo es fundamental para la ciencia meteorológica, sino que también afecta directamente la calidad de vida y las actividades humanas. La **presión atmosférica** es una de las variables más importantes para el pronóstico del tiempo. Se refiere al peso que ejerce el aire de la atmósfera en la Tierra debido a la fuerza de gravedad. Cuando los meteorólogos despliegan sus cartas sinópticas, identifican **centros de altas y**

bajas presiones. Cada uno de estos centros tiene condiciones particulares de tiempo asociadas.

Centro de alta presión (anticiclones): Se forman cuando aire más frío, denso y pesado desciende sobre una zona del planeta. El aire frío “baja” para ocupar el lugar que el aire más cálido ha dejado. En los centros de alta presión, el aire desciende desde lo más alto de la atmósfera, dificultando la formación de nubes. Los anticiclones suelen ser más extensos que las depresiones y pueden ser dinámicos (originados por un movimiento de subsidencia) o térmicos (originados por un fuerte enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera).

Centro de baja presión (ciclones o depresiones): Se forman cuando el aire más cálido, menos denso y más liviano asciende. En los centros de baja presión, el aire ascendente favorece el desarrollo de nubes y también lluvias. Las bajas presiones también se llaman centros de bajas presiones o borrascas.

Los anticiclones, o áreas de alta presión, generalmente traen consigo cielos claros y tiempo estable, mientras que las bajas presiones, asociadas con ciclones o depresiones, pueden conducir a condiciones más turbulentas, como nubosidad y precipitaciones. En resumen, las **altas presiones** se asocian con tiempo más estable y despejado, mientras que las **bajas presiones** están relacionadas con condiciones más inestables y propensas a precipitaciones.

3.4.4. CICLONES

Los ciclones son fenómenos naturales complejos que requieren una combinación de factores ambientales para formarse y desarrollarse. Además de los ciclones tropicales, existen otros tipos como los ciclones extratropicales, que se forman en latitudes más altas y están asociados con frentes fríos y cálidos. Estos ciclones pueden causar cambios significativos en el clima, como precipitaciones y vientos fuertes. La comprensión de estos sistemas es crucial para la meteorología y para la seguridad de las poblaciones en áreas propensas a estos eventos. La investigación continua y el monitoreo de los ciclones ayudan a mejorar las

predicciones y a minimizar los riesgos asociados con estos poderosos sistemas meteorológicos.

Los ciclones son sistemas meteorológicos caracterizados por la circulación de vientos alrededor de un centro de baja presión atmosférica. Estos sistemas se forman sobre océanos cálidos y tropicales y pueden tener efectos significativos en el clima y el tiempo. Los ciclones pueden tener impactos destructivos considerables, incluyendo fuertes vientos, lluvias intensas, marejadas ciclónicas y tornados. Los meteorólogos utilizan tecnología avanzada para monitorear y prever la formación y trayectoria de los ciclones, permitiendo así que las comunidades afectadas se preparen y tomen medidas preventivas.

El proceso general de formación de ciclones implica varios pasos:

1. Aguas cálidas: Los ciclones tropicales, como huracanes y tifones, se forman sobre aguas cálidas y tropicales, generalmente con temperaturas superficiales del mar superiores a $26,5^{\circ}\text{C}$. El calor del agua es esencial para proporcionar la energía necesaria para alimentar el sistema.
2. Condiciones atmosféricas inestables: Las perturbaciones atmosféricas, como ondas tropicales, pueden servir como puntos de inicio para el desarrollo del ciclón.
3. Fuerza de Coriolis: Esta fuerza, generada por la rotación de la Tierra, es esencial para el desarrollo de un ciclón. Induce un giro en la atmósfera alrededor de un área de baja presión. Los ciclones tropicales no se forman cerca del ecuador, donde la fuerza de Coriolis es débil.
4. Baja presión atmosférica: Una perturbación en la atmósfera comienza a adquirir características de baja presión. El aire cálido y húmedo sobre el océano asciende, creando una zona de baja presión en la superficie.
5. Giro ciclónico: A medida que la baja presión se intensifica, los vientos convergentes en la superficie inducen un giro ciclónico alrededor del centro de baja presión.

Los tipos principales de ciclones son:

- Ciclones tropicales: Como huracanes y tifones, se originan sobre aguas tropicales y pueden intensificarse.
- Ciclones extratropicales: Se forman en latitudes más altas y no siempre sobre aguas cálidas.
- Ciclones polares: Se desarrollan en regiones polares.
- Mesociclones: Son áreas rotativas dentro de tormentas convectivas, a menudo asociadas con tornados.

En resumen, los ciclones son fenómenos atmosféricos poderosos que afectan significativamente el clima y la vida en las áreas donde se forman

3.4.5. ANTICICLONES

Los anticiclones son sistemas de alta presión atmosférica que tienen un papel fundamental en la determinación de las condiciones climáticas. Su formación se debe a la divergencia del aire en la troposfera superior, que, al descender, se calienta adiabáticamente (no cambia calor en su entorno), inhibiendo la formación de nubes y precipitaciones. Este fenómeno resulta en cielos despejados y estabilidad meteorológica. La rotación de la Tierra y la fuerza de Coriolis son responsables de la dirección de su circulación, que es horaria en el hemisferio norte y antihoraria en el hemisferio sur. Los anticiclones no solo afectan el clima a corto plazo, sino que también tienen un impacto a largo plazo en la distribución de los biomas terrestres, como los desiertos. Además, su interacción con otros sistemas de presión puede influir en la trayectoria de los ciclones tropicales, lo que es crucial para la predicción del tiempo y la mitigación de desastres naturales. Anticiclones son fenómenos meteorológicos que se producen debido a variaciones en la presión de la atmósfera.

Formación y Efectos:

- En el hemisferio norte, los anticiclones tienen una circulación en sentido de las agujas del reloj (opuesto a los ciclones), mientras que, en el hemisferio sur, giran en sentido contrario a las agujas del reloj.
- Los anticiclones en la superficie traen cielos despejados y aire más frío y seco. Durante la noche, pueden generar niebla dentro de la región de alta presión.
- Los anticiclones en la troposfera media desvían los ciclones tropicales alrededor de su periferia e inhiben la convección libre cerca de su centro.
- Los anticiclones en la troposfera superior pueden formarse dentro de bajas cálidas (como los ciclones tropicales) debido al descenso de aire frío.
- La fuerza de Coriolis influye en la evolución de los anticiclones.

3.4.6. MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN

La medición y estimación de la presión atmosférica y los vientos son fundamentales en meteorología para comprender y predecir el comportamiento del clima. La presión atmosférica se refiere a la fuerza que ejerce la atmósfera sobre la superficie terrestre debido al peso del aire. Se mide utilizando barómetros, que pueden ser de mercurio o aneroides. El barómetro de mercurio consiste en un tubo de vidrio invertido en un recipiente lleno de mercurio; la altura del mercurio en el tubo varía según la presión atmosférica. Los barómetros aneroides, por otro lado, utilizan una cápsula sellada que se expande o contrae con los cambios en la presión, moviendo una aguja en una escala calibrada.

La estimación de la presión atmosférica se realiza a través de modelos numéricos y datos de satélites. Los modelos numéricos utilizan ecuaciones matemáticas que representan las leyes de la física para simular el comportamiento de la atmósfera. Estos modelos se alimentan con datos de observaciones directas y remotas, como los obtenidos por satélites, que proporcionan información sobre la temperatura, humedad y vientos en diferentes niveles de la atmósfera. Los datos satelitales permiten obtener una cobertura global y continua, lo que es esencial para mejorar la precisión de las predicciones.

La medición de los vientos se realiza principalmente mediante anemómetros y veletas. Los anemómetros miden la velocidad del viento, siendo los más comunes los de cazoletas y los de hélice. La veleta, por su parte, indica la dirección del viento. Estos instrumentos se colocan en estaciones meteorológicas y deben situarse a una altura estándar para evitar influencias de obstáculos cercanos que puedan distorsionar las mediciones. Además, en altitudes más altas, se utilizan globos sonda y radares Doppler para obtener datos sobre la velocidad y dirección del viento en diferentes niveles de la atmósfera.

La estimación de los vientos se complementa con el uso de modelos numéricos y datos de satélites. Los satélites meteorológicos están equipados con sensores que detectan el movimiento de las nubes y aerosoles en la atmósfera, lo que permite estimar la velocidad y dirección del viento a diferentes alturas. Además, los modelos numéricos, como el modelo de predicción del tiempo global (GFS, por sus siglas en inglés), simulan la dinámica atmosférica utilizando datos observacionales y principios físicos para proporcionar pronósticos detallados sobre los vientos.

En resumen, la medición y estimación de la presión atmosférica y los vientos son procesos interrelacionados que combinan observaciones directas con tecnología avanzada y modelos numéricos. Estos métodos permiten a los meteorólogos comprender mejor el comportamiento de la atmósfera y mejorar las predicciones del tiempo, lo que es crucial para diversas aplicaciones, desde la agricultura y la aviación hasta la gestión de desastres naturales. La integración de datos de diferentes fuentes y el continuo avance en tecnología y modelos numéricos seguirán mejorando la precisión y la utilidad de estas mediciones y estimaciones en el futuro.

3.5. HUMEDAD ATMOSFÉRICA Y PRECIPITACIÓN

3.5.1. TIPOS DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA

La humedad atmosférica, que es la presencia de vapor de agua en el aire, es crucial para la formación de nubes y la ocurrencia de lluvias. La humedad

atmosférica y las precipitaciones son dos aspectos fundamentales del ciclo hidrológico que tienen un impacto significativo en el clima y el ambiente.

La humedad atmosférica es la cantidad o volumen de vapor de agua presente en la atmósfera. Proviene principalmente de la evaporación en océanos, mares, lagos, glaciares y ríos, así como de procesos de evapotranspiración en suelo, plantas y animales. El vapor de agua puede manifestarse como niebla o nubes.

Existen dos tipos de humedad atmosférica: Humedad Absoluta: Cantidad de vapor de agua por unidad de volumen de aire (medida en gramos/metros cúbicos). Humedad Específica: Cantidad de vapor de agua por kilogramo de aire (medida en gramos/kilogramos).

3.5.2. NUBES

Las nubes son fascinantes fenómenos naturales que no solo adornan el cielo, sino que también cumplen funciones esenciales para la vida en la Tierra. Actúan como reguladores térmicos, reflejando parte de la radiación solar y manteniendo un equilibrio climático. Además, son componentes cruciales del ciclo hidrológico, ya que transportan agua desde los océanos a tierra firme, y viceversa, a través de la precipitación y la evaporación.

Las **nubes** son formaciones de agua y partículas que se forman en la atmósfera y pueden tener diferentes formas, tamaños y funciones. Están compuestas principalmente de **agua** y **partículas** como polvo, suciedad o sal marina, conocidas como **núcleos de condensación**. Estos núcleos atraen el vapor de agua y, a medida que ascienden, el vapor se condensa para formar **gotas de nube**. Las gotas de las nubes son mucho más pequeñas que las gotas de lluvia y se acumulan mientras flotan, creando las formaciones esponjosas que vemos suspendidas en el cielo.

Las nubes se forman generalmente en la **troposfera**, la capa de la atmósfera más cercana a la Tierra. Dependiendo de su altura, se clasifican en tres grandes categorías:

Nubes altas: Se encuentran en la parte superior de la troposfera, entre los 3,05 y los 18,29 kilómetros aproximadamente. Ejemplos incluyen los **cirros**, formados por cristales de hielo, y los **cirrostratos**, blanquecinos y transparentes.



Ilustración 35. Nubes altas

Nubes de nivel medio: Suelen estar entre los 1,83 y los 7,62 kilómetros. Ejemplos incluyen los **altoestratos** y **altocúmulos**.



Ilustración 36. Nubes de nivel medio

Nubes bajas: Estas están más cerca de la superficie de la Tierra, a 1,98 kilómetros o menos. Ejemplos incluyen los **estratos** y **cúmulos**.



Ilustración 37. Nubes bajas

Nubes de Desarrollo Vertical: Las nubes de desarrollo vertical son formaciones nubosas que se distinguen por su considerable extensión en la vertical, alcanzando alturas que pueden abarcar varios kilómetros desde la base hasta su cúspide. Este tipo de nubes se forman en condiciones de gran inestabilidad atmosférica, donde el aire cálido y húmedo en la superficie asciende rápidamente, encontrándose con aire más frío en niveles superiores de la atmósfera. La condensación del vapor de agua a medida que el aire asciende y se enfría es lo que da origen a estas impresionantes estructuras nubosas.



Ilustración 38. Nubes de Desarrollo Vertical

Las nubes desempeñan un papel fundamental en la regulación del clima, el ciclo del agua y la distribución de la energía solar. Además, su variedad de formas y tamaños las convierte en un magnífico incentivo para la imaginación. ¿Quién no ha mirado al cielo y ha visto flotar a un dragón que escupe fuego? (Alvarado, s.f.).

3.5.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS NUBES

En cuanto a su aspecto, las nubes se clasifican en:

Estratiformes: desarrolladas horizontalmente, de poco espesor vertical y se extienden como un manto uniforme en el cielo, cubriendo una gran área; la lluvia es de carácter leve o continuo.

Cumuliformes: Desarrolladas verticalmente en grandes extensiones; surgen aisladas; por lo general la lluvia es de fuerte intensidad, pero de carácter local. Pueden ser líquidas (constituidas por gotitas de agua), sólidas (constituidas por cristales de hielo) o mixtas (constituidas por gotitas de agua y cristales de hielo). Esta nomenclatura está basada en los nombres latinos stratus (allanado o extendido) y cúmulos (cúmulo o montón).

3.5.3. TIPOS Y FORMAS DE PRECIPITACIÓN

La precipitación es un fenómeno meteorológico esencial que se presenta en diversas formas y con distintas intensidades, desempeñando un papel crucial en el ciclo hidrológico y afectando a la climatología de una región. La clasificación de la precipitación según su intensidad, desde débiles a torrenciales, permite a los meteorólogos predecir y comunicar la severidad de las condiciones climáticas, lo cual es vital para la agricultura, la gestión de recursos hídricos y la planificación urbana. Las diferentes manifestaciones de la precipitación, como la llovizna, la lluvia, los chubascos, la nieve, el granizo y la aguanieve, tienen implicaciones distintas para el medio ambiente y las actividades humanas. Por ejemplo, la nieve puede contribuir al almacenamiento de agua dulce en forma de capas de hielo y glaciares, mientras que el granizo puede causar daños significativos a los cultivos. Además, el origen de la precipitación ya sea orográfico, convectivo o frontal, está

relacionado con los patrones de circulación atmosférica y la topografía del terreno, lo que influye en la distribución y cantidad de lluvia en diferentes áreas. Entender estas clasificaciones ayuda a los científicos y al público en general a comprender mejor los procesos naturales y a prepararse para sus efectos.

La precipitación puede clasificarse de varias maneras, incluyendo su intensidad, forma y origen.

Según su intensidad:

- Débiles: menos de 2 mm/h.
- Moderadas: de 2 a 15 mm/h.
- Fuertes: de 15 a 30 mm/h.
- Muy fuertes: de 30 a 60 mm/h.
- Torrenciales: más de 60 mm/h.

Según la forma de manifestación:

- Llovizna: gotas finas con diámetro inferior a medio milímetro.
- Lluvia: gotas de agua líquida que caen desde las nubes.
- Chubascos de agua: también conocidos como aguaceros o chaparrones.
- Nieve: cristales de hielo que caen de las nubes.
- Granizo: bolas de hielo formadas en tormentas intensas.
- Aguanieve: mezcla de nieve y lluvia, con copos de nieve parcialmente derretidos.

Según su origen:

- Orográficas: causadas por el ascenso de aire húmedo en terrenos elevados.
- Convectivas: resultan del calentamiento del suelo y el ascenso de aire caliente.
- Frontales: ocurren cuando masas de aire frío y caliente se encuentran.

Estos son solo algunos ejemplos de cómo se pueden clasificar las precipitaciones. Cada tipo tiene características únicas y juega un papel importante en el ciclo del agua y en la climatología.

3.5.4.DISTRIBUCIÓN DE LLUVIAS

La distribución de la lluvia en México es un fenómeno complejo influenciado por diversos factores geográficos y climáticos. Las isoyetas (curva para la representación cartográfica de los puntos de la tierra con el mismo índice pluviosidad media anual) anuales muestran una clara división entre las regiones húmedas y secas, reflejando la variabilidad de la precipitación a lo largo del país.

Las lluvias convectivas, típicas de zonas tropicales, se originan por la intensa evaporación y el calentamiento solar, mientras que las lluvias orográficas son producto de la interacción entre la topografía montañosa y las corrientes de aire húmedo. Por otro lado, las lluvias ciclónicas o frontales, resultantes del encuentro de masas de aire de diferentes temperaturas, pueden provocar precipitaciones intensas y rápidas o prolongadas, dependiendo de la naturaleza del frente. La medición precisa de la lluvia, realizada con pluviómetros, es esencial para la planificación y gestión de recursos hídricos, siendo un aspecto crítico para la agricultura, la gestión del agua y la planificación urbana en México. Este conocimiento es vital para adaptarse a los patrones cambiantes de lluvia y para mitigar posibles impactos negativos en la sociedad y el medio ambiente.

En la República Mexicana, la distribución de la lluvia varía significativamente debido a la geografía y otros factores.

A continuación, se presentan algunos aspectos clave:

1. Isoyetas Anuales:

- Las isoyetas representan líneas que conectan puntos con la misma cantidad de precipitación anual.

- En México, las regiones más húmedas se encuentran en la costa del Golfo de México, la Península de Yucatán y algunas áreas montañosas.
- Las zonas más secas incluyen el norte del país y partes del noroeste.

2. Lluvias Convectivas:

- Estas lluvias ocurren cuando el sol calienta cuerpos de agua (como el mar) y el vapor de agua asciende hacia la atmósfera.
- Principalmente se dan en zonas ecuatoriales con alta evaporación.

3. Lluvias Orográficas:

- Suceden cuando el aire húmedo asciende a lo largo de las montañas.
- La ladera de la montaña que recibe el aire húmedo tiende a ser más lluviosa, mientras que el otro lado es más seco.

4. Lluvias Ciclónicas o Frontales:

- Se generan por el choque de dos masas de aire con diferentes temperaturas.

Las lluvias de frente frío son intensas, pero de corta duración, mientras que las de frente cálido pueden durar varios días.

3.5.5. MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN

La medición y estimación de las precipitaciones son procesos críticos en la meteorología y tienen un impacto significativo en la agricultura, la gestión de recursos hídricos y la protección civil. Los pluviómetros proporcionan datos directos y locales, pero pueden verse afectados por factores ambientales como el viento y la

turbulencia. Por otro lado, los higrómetros son esenciales para comprender la humedad atmosférica y su influencia en la precipitación. Las tecnologías de percepción remota, como los radares y satélites, ofrecen una visión más amplia y pueden detectar precipitaciones sobre grandes áreas, aunque con limitaciones en cuanto a precisión y coherencia. La combinación de estas herramientas y métodos es vital para obtener estimaciones precisas y para el desarrollo de modelos climáticos y sistemas de alerta temprana que pueden salvar vidas y propiedades ante eventos extremos como inundaciones o sequías. La mejora continua de estas tecnologías y métodos es fundamental para enfrentar los desafíos que presenta el cambio climático.

La medición y estimación de las lluvias es fundamental para comprender el clima y prevenir inundaciones o sequías.

1. Medición de Precipitación:

- Pluviómetros: Estos instrumentos recolectan y miden la cantidad de agua de lluvia que cae en un lugar durante un período de tiempo específico. El pluviómetro convencional tiene un recipiente cilíndrico con una escala graduada.
- Higrómetros: Miden la humedad relativa del aire, lo cual afecta la cantidad de precipitación registrada.

2. Estimación Cuantitativa de la Precipitación (ECP):

- Se emplean tecnologías de percepción remota como radares y satélites.
- Los radares miden la precipitación mediante la relación Z-R (relación entre el tamaño de las gotas y la intensidad de la lluvia).
- La ECP derivada por radar puede variar según sea nieve o lluvia.
- El radar de polarización dual mejora la precisión.

- La falta de coherencia en el muestreo y la cobertura afecta la estimación.

3. Limitaciones:

- Las mediciones pluviométricas pueden verse afectadas por el viento, la exposición y la turbulencia.
- Los pluviómetros automáticos también tienen limitaciones.

En resumen, la medición precisa y la estimación de las lluvias son esenciales para diversos campos, desde la agricultura hasta la prevención de desastres naturales.

3.5.6. PSICROMETRÍA

La **psicrometría** es una rama de la ciencia que se encarga de estudiar y medir las propiedades del aire en relación con la humedad. Esto implica conocer la cantidad de vapor de agua presente en el aire, la temperatura y la presión, entre otros factores relevantes. En la práctica, se utiliza un **diagrama psicrométrico** para visualizar y analizar estas propiedades.

La psicrometría es fundamental en diversas aplicaciones industriales y científicas, donde el control del aire y la humedad es crucial. Por ejemplo, en la climatización de edificios, la psicrometría ayuda a diseñar sistemas que mantengan condiciones óptimas de confort y salud. En la agricultura, permite regular la humedad en invernaderos para promover el crecimiento de las plantas. Además, en la industria alimentaria, es esencial para procesos como el secado de alimentos, donde se debe controlar la humedad para evitar la proliferación de microorganismos. El diagrama psicrométrico es una herramienta valiosa que representa gráficamente las propiedades del aire húmedo y facilita la comprensión de cómo interactúan la temperatura, la humedad, la presión y otros factores. Este diagrama es utilizado por ingenieros y técnicos para tomar decisiones informadas en el diseño y la operación.

3.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es un fenómeno natural que desempeña un papel vital en el equilibrio y la regulación del clima de la Tierra. Al combinar la evaporación del agua de superficies como lagos, ríos y suelos, con la transpiración de las plantas, este proceso contribuye significativamente al ciclo hidrológico. La comprensión de la evapotranspiración es fundamental para la agricultura, ya que permite a los agricultores optimizar el uso del agua para el riego, lo que es especialmente crítico en regiones con recursos hídricos limitados. Además, los científicos utilizan datos de evapotranspiración para modelar el clima y predecir patrones meteorológicos, lo que es crucial para la planificación de recursos a largo plazo y la mitigación de los efectos del cambio climático. La medición precisa de la evapotranspiración es, por lo tanto, esencial para una variedad de aplicaciones prácticas y científicas.

Evapotranspiración es un término que se refiere a la suma de dos procesos: la evaporación del agua desde superficies como el suelo, cuerpos de agua y la transpiración de las plantas. Es una parte crucial del ciclo del agua y juega un papel importante en la hidrología y la meteorología.

Algunos puntos clave sobre la evapotranspiración: Factores influyentes: La tasa de evapotranspiración puede ser afectada por varios factores, incluyendo la radiación solar, la presión de vapor atmosférico, la temperatura, el viento y la humedad del suelo; medición; se mide en milímetros de agua (volumen de agua transferido por unidad de área de la superficie terrestre) en un tiempo determinado; importancia en la agricultura: Comprender la evapotranspiración es esencial para la gestión del riego y la planificación de los recursos hídricos.

3.7. COMPLEMENTOS EDUCACIONALES

Tabla 5. Complementos educativos del Tema 3. Factores y elementos del clima

COMPLEMENTOS EDUCACIONALES		
Tema 3. Factores y elementos del clima		
3.1. Factores y elementos del clima	Ejercicio 1	
	Actividad	Casos prácticos -Investigar y Analizar datos históricos climáticos para comprender los factores climáticos
	Instrucciones	El estudiante realizar una presentación ejecutiva en Power Point, donde explique los datos históricos de 10 años atrás a la fecha, sobre los cambios en los factores del cambio climático.
	Herramienta tecnológica	Power Point
3.1. Factores y elementos del clima	Material digital	CONAGUA INEGI SEMARNAT
	Infografía 2	
	Actividad	Diseñar un mapa mental que muestre la relación entre los factores y elementos climáticos
	Instrucciones	Con apoyo del contenido en este material, tema 3.1. realizar un mapa mental donde se especifique la relación entre los factores y elementos del cambio climático.

	Herramienta tecnológica	CANVAS
3.2. Radiación solar	Ejercicios / Casos prácticos 3-A	
	Actividad	Buscar la demostración del balance en la radiación solar: relación medición y estimación; temperatura y calor; heladas, presión atmosférica, vientos / ejemplos en diferentes puntos de la tierra.
	Instrucciones	Realizar un ensayo donde se describa el balance en la radiación solar: relación medición y estimación; temperatura y calor; heladas, presión atmosférica, vientos. El ensayo debe contener: presentación, introducción, desarrollo, conclusión, referencias bibliográficas.
	Herramienta tecnológica	Word Avanzado
3.4. Presión atmosférica y vientos	Ejercicios / Casos prácticos 3-B	
	Actividad	Relación ciclones-anticiclones / casos huracanes catastróficos.
	Instrucciones	Dar lectura al apartado del tema 3.4 para realizar una presentación ejecutiva, de 5 a 10 diapositivas, donde se describa Relación ciclones-anticiclones / casos huracanes catastróficos.
	Herramienta tecnológica	Power Point

3 Factores y elementos del clima	Cuestionario de evaluación	
	Actividad	Recopilación de información del tema actual.
	Instrucciones	Desarrollar mediante la recopilación de información del tema 3. Un cuestionario de 20 preguntas donde con su respectiva respuesta.
	Herramienta tecnológica	QUIZZZ

TEMA 4. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

La clasificación climática es una herramienta fundamental en la meteorología y la climatología que permite categorizar las diferentes regiones del planeta en base a sus características climáticas predominantes. Este sistema de clasificación ayuda a entender las variaciones del clima a nivel global y su impacto en los ecosistemas, las actividades humanas y la distribución de la biodiversidad.

El clima de una región está determinado por múltiples factores, entre los que se incluyen la temperatura, la precipitación, la humedad, la presión atmosférica y los patrones de viento. Estos elementos interactúan de manera compleja y varían según la latitud, la altitud y la proximidad a grandes cuerpos de agua, así como por la influencia de fenómenos meteorológicos como El Niño y La Niña.

Uno de los sistemas de clasificación climática más utilizados es el desarrollado por Wladimir Köppen a finales del siglo XIX y principios del XX, conocido como la Clasificación Climática de Köppen.

Existen otras clasificaciones climáticas que, aunque menos conocidas, también son importantes. Por ejemplo, la Clasificación Climática de Thornthwaite se centra en la evapotranspiración y el balance hídrico para definir las zonas climáticas. Por otro lado, la Clasificación Climática de Holdridge utiliza un enfoque bioclimático, considerando factores como la biotemperatura y la precipitación anual para categorizar las regiones.

La clasificación climática es crucial para diversas aplicaciones prácticas, incluyendo la agricultura, la planificación urbana, la gestión de recursos naturales y la mitigación del cambio climático. Al proporcionar un marco para entender y predecir los patrones climáticos, estas clasificaciones ayudan a los científicos y tomadores de decisiones a desarrollar estrategias más efectivas para adaptarse a las variaciones del clima y a sus efectos en diferentes regiones del mundo.

4.1. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Existen varios sistemas de clasificación climática que se utilizan para categorizar las distintas regiones del mundo según sus características climáticas predominantes. A continuación, se describen algunos de los sistemas de clasificación climática más conocidos:

4.1.1. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN

Creada inicialmente por el climatólogo alemán Wladimir Köppen en 1884 y revisada posteriormente por él mismo y por Rudolf Geiger, describe cada tipo de clima con una serie de letras, normalmente tres, que indican el comportamiento de las temperaturas y las precipitaciones. Es una de las clasificaciones climáticas más utilizadas debido a su generalidad y sencillez.

4.1.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE CLIMAS SEGÚN KÖPPEN

El sistema de Köppen se basa en que la vegetación natural tiene una clara relación con el clima, por lo que los límites entre un clima y otro se establecieron teniendo en cuenta la distribución de la vegetación. Los parámetros para determinar el clima de una zona son las temperaturas y precipitaciones medias anuales y mensuales, y la estacionalidad de la precipitación.

Divide los climas del mundo en cinco grupos principales: tropical, seco, templado, continental y polar, identificados por la primera letra en mayúscula. Cada grupo se divide en subgrupos, y cada subgrupo en tipos de clima. Los tipos de clima se identifican con un símbolo de 2 o 3 letras.

A continuación, se describe en detalle el procedimiento para determinar cada grupo, subgrupo y tipo de clima. Para cada grupo principal se muestran en una tabla los tipos de clima en que se subdivide, con su vegetación asociada y las regiones en que se encuentran, nombrando algunos ejemplos concretos de zonas representativas.

- **Grupo A: Climas Tropicales**

Los climas tropicales se caracterizan por temperaturas altas durante todo el año, con una temperatura media mensual siempre por encima de los 18°C. La precipitación es abundante y puede ocurrir de manera constante o estacional.

Tabla 6. Climas Tropicales

Climas Tropicales		
Húmedos, ningún mes con temperaturas medias inferiores a 18°C		
Clasificación	Características	Ejemplo
Af: Ecuatorial	Cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones. Es el clima de la selva lluviosa.	Se da en el ecuador hasta los 10° de latitud, hasta los 25° en algunas costas orientales. Se da en zonas de centroamérica, en la cuenca Amazónica, cuenca del Congo y parte de la región Indomalaya en Asia.
Am: Monzónico	Cálido todo el año, con una estación seca corta seguida por una húmeda con fuertes lluvias. Es el clima de los bosques monzónicos.	Se dan en la zona ecuatorial y tropical. En el oeste del África tropical y sobre todo en el sudeste asiático es donde mejor está representado este

		clima: Tailandia, Indonesia.
Aw: Sabana	Cálido todo el año, con estación seca. Es el clima propio de la sabana.	Este clima aparece conforme nos alejamos del ecuador, a continuación de la zona Af. Se da en el sur de México y parte de Centroamérica, es el clima de Cuba, de amplias zonas de Brasil, del África tropical, de gran parte de la India y del norte de Australia.

- **Grupo B: Climas Secos**

Las precipitaciones anuales son inferiores a la evapotranspiración potencial anual. Son los climas de las estepas y desiertos.

Para determinar si un clima es seco, obtenemos un umbral de precipitación en mm: para calcularlo se multiplica la temperatura media anual por 20, entonces se le suma 280 si el 70% o más de la precipitación cae en el semestre en que el sol está más alto (de abril a septiembre en el hemisferio norte, de octubre a marzo en el hemisferio sur), o 140 si la precipitación que cae en ese periodo está entre el 30% y el 70% del total, o 0 si en ese periodo cae menos del 30% de la precipitación total.

Si la precipitación total anual media es superior a ese umbral, no se trata de un clima B.

La segunda letra indica el grado de aridez:

Tabla 7. Grados de aridez

s	Estepario	La precipitación total anual es menor que ese umbral pero superior a la mitad de ese umbral.
w	Desértico	La precipitación total anual es menor que la mitad de ese umbral.

Una tercera letra indica el régimen de temperaturas:

Tabla 8. Régimen de temperaturas

h	Cálido	La temperatura media anual es superior a 18°C.
k	Frío	La temperatura media anual es inferior a 18°C.

Tabla 9. Climas secos

CLIMAS SECOS		
Precipitaciones anuales inferiores a la evapotranspiración potencial anual		
Clasificación	Características	Ejemplo
Bsh: Estepario cálido	Los inviernos son suaves y los veranos cálidos o muy cálidos. Las precipitaciones son escasas. La vegetación natural es la estepa.	Se da en los trópicos y subtrópicos, en el límite de los desiertos subtropicales. Extremo sudeste de la península ibérica, Marruecos, costa del sur de California, Kalahari, zonas del interior de Australia.
Bsk: Estepario frío	Los inviernos son fríos o muy fríos, y los	Tiende a localizarse en latitudes

	veranos pueden ser templados o cálidos. Las precipitaciones son escasas. La vegetación natural es la estepa.	templadas y lejos del mar. Zonas del interior de Norteamérica, interior del valle del Ebro, interior de Irán, estepas del Asia Central, Mongolia o interior de China.
Bwh: Desértico cálido	Los inviernos son suaves, aunque en zonas del interior las temperaturas pueden acercarse por la noche a los cero grados. Los veranos son cálidos o muy cálidos. En algunas zonas con este clima las temperaturas en verano son extremadamente altas, y se han registrado las máximas del planeta. Las precipitaciones son muy escasas. Plantas del desierto, o sin vegetación.	Se da en las franjas subtropicales de ambos hemisferios. Desiertos del suroeste de Estados Unidos, noroeste de México, Sahara, Somalia y este de Etiopía, península arábiga, suroeste de Asia, costa del Perú y norte de Chile, desierto del Namib, desiertos del centro de Australia.
Bwk: Desértico frío	Los inviernos son muy fríos y los veranos templados o cálidos. Las precipitaciones son muy escasas. La vegetación es la	Se encuentra en latitudes templadas. Se da en la Patagonia Argentina, desiertos del oeste de Estados Unidos y del Asia central.

	propia de la estepa, del desierto, o inexistente.	
--	---	--

- **Grupo C: Climas Templados**

No son climas B, y la temperatura media del mes más frío está entre -3°C (en algunas clasificaciones 0°C) y 18°C , y la del mes más cálido supera los 10°C . En estos climas se encuentran los bosques templados.

La segunda letra explica el régimen de lluvias:

Tabla 10. Régimen de lluvias

s	Verano seco	El verano es seco con un mínimo de precipitaciones marcado: la precipitación del mes más seco del verano es inferior a la tercera parte de la precipitación del mes más húmedo, y algún mes tiene precipitación inferior a 30 mm.
w	Invierno seco	El invierno es seco: la precipitación del mes más seco del invierno es inferior a una décima parte de la precipitación del mes más húmedo.
f	Húmedo	No es ni s ni w. Precipitaciones suficientes a lo largo del año, sin estación seca.

Una tercera letra indica el comportamiento de las temperaturas en verano:

Tabla 11. Comportamiento de las temperaturas en verano

a	Subtropical	El verano es caluroso pues se superan los 22°C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10°C al menos cuatro meses al año.
b	Templado	El verano es fresco pues no se superan los 22°C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10°C al menos cuatro meses al año.

c	Frío	El verano es frío. Menos de cuatro meses al año con temperatura media superior a 10 °C.
----------	------	---

Dentro del grupo C existen los siguientes tipos de climas:

Tabla 12. Climas templados

CLIMAS TEMPLADOS		
Húmedos con temperatura media del mes más frío entre -3°C (o 0°C) y 18°C, y temperatura media del mes más cálido superior a 10°C		
Clasificación	Características	Ejemplo
Cfb: Marítimo de costa occidental (oceánico)	Inviernos fríos o templados y veranos frescos. Las precipitaciones están bien distribuidas a lo largo del año. La vegetación natural son los bosques de frondosas.	Se da en la costa occidental de los continentes, entre los 45° y 55° de latitud, normalmente a continuación del clima mediterráneo. Es el clima de la fachada atlántica europea desde el sur de Noruega hasta el norte de la península ibérica, de la costa noroeste de Estados Unidos, sur de Chile, Nueva Zelanda.
Cfc: Marítimo subártico (oceánico frío)	Inviernos fríos y sin un verdadero verano. Con lluvias todo el año. En algunos lugares los fuertes vientos hacen que la vegetación sea escasa.	Se da a continuación del clima Cfb, conforme nos acercamos a los polos. Es el clima de la costa de Islandia, de la costa

		noroccidental de Noruega o del extremo sur de Chile y Argentina.
Csa: Mediterráneo	Inviernos templados y veranos secos y cálidos. La mayor parte de las lluvias caen en invierno o en las estaciones intermedias. La vegetación natural es el bosque mediterráneo.	Se da en la costa occidental de los continentes, entre las latitudes 30° y 40°, hasta 45° en Europa. Es el clima de gran parte de la península ibérica excepto la cornisa cantábrica y noroeste, de gran parte de la costa del Mediterráneo, también se encuentra en zonas del interior de California y zonas del suroeste de Australia.
Csb: Mediterráneo de veranos frescos	Inviernos fríos o templados y veranos secos y frescos. La mayor parte de las lluvias caen en invierno o en las estaciones intermedias. La vegetación natural es el bosque mediterráneo.	Se da en las mismas latitudes que el Csa. Es el clima del centro de Chile, de la costa central de California, de la región del Cabo en Sudáfrica, de zonas de la costa sur de Australia y de las tierras altas del interior de la península ibérica a partir de los 900 o 1.000 metros.

Cfa: Subtropical húmedo o chino	Inviernos fríos o templados y veranos húmedos y cálidos. Precipitaciones bien repartidas a lo largo del año. Se da el bosque siempre verde, o el bosque templado.	Este clima se da en el interior y costa este de los continentes, entre los 20° y 30° de latitud y hasta los 48° en Europa. Es el clima del sudeste de Estados Unidos, sudeste de China, centro y sur de Japón, costa norte de Argentina, Uruguay, sudeste de la República de Sudáfrica y este de Australia. En Europa el clima Cfa aparece en el límite del clima marítimo de costa occidental, cuando la distancia al mar hace que los veranos comiencen a ser calurosos.
Cwa: Subtropical con invierno seco	Inviernos fríos o templados y veranos cálidos. La estación seca es el invierno. Es clima de bosques templados.	Este clima se da en el interior y costa este de los continentes, entre los 20° y 30° de latitud. Aparece principalmente en el este de Asia (interior de China), interior de África (Zambia, zonas de Angola) y de Sudamérica.
Cwb: Templado con inviernos secos	Inviernos fríos o templados y veranos	Este clima se da en los trópicos en zonas

	frescos. Los veranos son lluviosos y los inviernos secos.	altas. Altiplanos de México, Angola y Etiopía, Andes peruanos, ecuatorianos y colombianos. También en zonas del interior de Argentina.
--	---	---

- **Grupo D: Climas Continentales (inviernos muy fríos)**

Se caracterizan porque la temperatura media del mes más frío es inferior a -3°C (o 0°C) y la del mes más cálido es superior a 10°C . Son climas con una gran amplitud térmica (muchacha diferencia entre las temperaturas mínimas y las máximas).

Las estaciones intermedias, otoño y primavera, tienden a ser muy cortas y las precipitaciones exceden a la evaporación. La vegetación propia son los bosques microtérnicos. Estos climas se dan raramente en el hemisferio sur, debido a que en él no existen grandes masas continentales en latitudes altas. La segunda y tercera letra tienen el mismo significado que en el grupo C. Además, dentro de la tercera letra se añade un tipo más:

Tabla 13. Climas Continentales (inviernos muy fríos)

d	Inviernos extremadamente fríos	Indica 3 o menos meses con temperaturas medias sobre 10°C y una temperatura media del mes más frío inferior a -38°C .
----------	--------------------------------	---

Dentro del grupo D existen los siguientes tipos de climas:

Tabla 14. Climas continentales o de inviernos muy fríos

CLIMAS CONTINENTALES O DE INVIERNOS MUY FRÍOS Húmedos con temperatura media del mes más frío inferior a -3°C (o 0°C), y temperatura media del mes más cálido superior a 10°C.		
Clasificación	Características	Ejemplo
Dfa, Dwa, Dsa: Climas continentales de verano cálido	Inviernos muy fríos y con nieve, veranos cálidos. La vegetación natural son los bosques caducifolios.	Se dan en el interior y costa este de los continentes, Dfa y Dwa entre las latitudes 30° y 40°, (Dwa se da en el este de Asia y se extiende más al sur). Dsa se da en el interior, a latitudes más bajas, en zonas altas. Estos climas se dan en parte del nordeste de Estados Unidos, sur de la Rusia europea, nordeste de China, península de Corea, norte de Japón.
Dfb, Dwb, Dsb: Climas continentales de verano fresco	Inviernos muy fríos y con nieve, y veranos frescos. La vegetación es el bosque mixto de coníferas y planifolias.	Dfb y Dwb se dan al norte de los anteriores, entre las latitudes 40° y 50°, como el este de Canadá, el extremo nordeste de Estados Unidos y el extremo norte de Japón. También se dan en el centro y este de

		Europa y en el centro de Rusia. Dsb se da en zonas parecidas a Dsa pero a mayor altitud o a mayor latitud.
Dfc, Dwc: Continental subártico o boreal	Inviernos muy fríos y largos, con nieve, veranos fríos y muy cortos. Es el clima de la taiga, o bosque frío de coníferas.	Se dan entre los 50° y 60° de latitud norte, en algunos lugares hasta los 70°. Es el clima del sur de Canadá excepto la costa del Pacífico, de Alaska, de gran parte de la península escandinava salvo el sur y suroeste, del norte de la Rusia europea y de gran parte de Siberia, en una franja entre el clima estepario frío y la tundra.
Dfd, Dwd: Climas continentales subárticos con inviernos extremadamente fríos	Con inviernos extremadamente fríos, los más fríos del hemisferio norte, que duran hasta nueve meses. En mayo y en septiembre se da una transición muy rápida al verano, que es muy corto	Se dan aproximadamente entre los 50° y 70° de latitud norte. Sólo se encuentran en zonas interiores del nordeste de Siberia.

	aunque relativamente cálido.	
--	------------------------------	--

- **Grupo E: Climas Polares**

Estos climas se caracterizan por temperaturas medias que no superan los 10°C en ningún mes del año. Son climas secos y siempre fríos.

Dentro del grupo E existen los siguientes tipos de climas:

Tabla 15. Climas polares

CLIMAS POLARES		
Ningún mes con temperatura media superior a 10°C.		
Calificación	Características	Ejemplo
Et: Tundra	La temperatura media del mes más cálido está entre 0°C y 10°C. Sólo hay musgos y hierbas cuando la temperatura media supera los 0°C.	Se da en el extremo norte de Norteamérica y Eurasia, así como en las islas cercanas, y comienza a partir del límite norte de la taiga.
Ef: Hielos perpetuos	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 0°C. No existe ningún tipo de vegetación. Es el clima de los hielos permanentes.	Es el clima de la Antártida, del interior de Groenlandia y de las mayores alturas del Himalaya.

La clasificación climática de Köppen es ampliamente utilizada en la geografía, la climatología y la ecología. Proporciona una base para estudios sobre

la distribución de los ecosistemas, la agricultura, la planificación urbana y la gestión de recursos naturales. Además, es una herramienta crucial para entender los impactos del cambio climático, ya que permite comparar las condiciones climáticas actuales con las históricas y proyectar posibles cambios futuros.

El sistema de Köppen, aunque ha sido refinado y actualizado a lo largo del tiempo, sigue siendo una referencia clave para la clasificación y el estudio de los climas del mundo debido a su simplicidad y la claridad de sus criterios.

4.1.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

La clasificación climática de Thornthwaite, desarrollada por el climatólogo y geógrafo estadounidense Charles Warren Thornthwaite en 1948, se basa en el balance hídrico y la evapotranspiración potencial. A diferencia de otros sistemas de clasificación que se enfocan principalmente en la temperatura y la precipitación, Thornthwaite incorpora el concepto de evapotranspiración, que es la suma de la evaporación del agua del suelo y la transpiración de las plantas. Este enfoque es particularmente útil para estudios de hidrología, agricultura y ecología, ya que proporciona una visión detallada de la disponibilidad de agua en una región.

La clasificación de Thornthwaite (1949) ha sido ampliamente asumida dadas las aportaciones de su autor al edafoclima e hidrología, desde una perspectiva geográfica.

Basada en la consideración de la eficacia térmica, dada por la ETP del mismo autor, y la humedad disponible, expresada como índices de humedad y de aridez a partir del balance hídrico. El autor utiliza sus trabajos previos en la estimación de la ETP y el balance de humedad del suelo. Supone un gran avance respecto a otras clasificaciones ya que parte del clima que afecta al suelo y a la planta, es decir, la evaporación, la transpiración y el agua disponible en el suelo; en vez de medias mensuales de parámetros meteorológicos clásicos.

Esta clasificación define unos tipos según la humedad (representados por letras mayúsculas) y su variación estacional (letras minúsculas), y otros tipos según

la eficacia térmica (letras mayúsculas con comilla) y su concentración estival (letras minúsculas con comilla).

El tipo de humedad está basado en un índice de humedad global que combina dos índices, uno de humedad y otro de aridez. Para su definición es necesario realizar un balance hídrico mediante el método directo y con reserva máxima climática de 100 mm. El índice de humedad se define como el conjunto de los excesos de agua (E_x ; según un balance hídrico directo con reserva máxima de 100 mm) en porcentaje respecto a la ETP anual, es decir:

$$I_h = 100 \cdot \sum_{i=1}^n E_{xi} / ETP$$

El índice de aridez se define como el porcentaje de la falta de agua (F) de los distintos meses respecto a la ETP del año, es decir:

$$I_a = 100 \cdot \sum_{i=1}^n F_i / ETP$$

El índice de humedad global se define como el porcentaje de excesos menos el 60 % del porcentaje de falta de agua, es decir:

$$I_m = I_h - [0,6 \cdot I_a]$$

A partir de estos índices se define el tipo de humedad según las siguientes condiciones:

Tabla 16. Condiciones para el tipo de humedad

Tipo	Descripción	Condición
E	Árido	$-40 \geq I_m > -60$
D	Semiárido	$-20 \geq I_m > -40$
C1	Seco subhúmedo	$0 \geq I_m > -20$
C2	Subhúmedo	$20 \geq I_m > 0$
B1	Húmedo	$40 \geq I_m > 20$
B2		$60 \geq I_m > 40$
B3		$80 \geq I_m > 60$
B4		$100 \geq I_m > 80$
A	Perhúmedo	$I_m > 100$

La variación estacional de la humedad da lugar a los siguientes tipos:

Tabla 17. Variación estacional de la humedad

Tipo	Descripción	Condición
Sólo para los tipos de humedad A, B, C2 (perhúmedo, húmedo y subhúmedo)		
r	Falta de agua pequeña o	$16,7 > I_a \geq 0$
s	Falta de agua estival	$33,3 > I_a \geq 16,7$ Falta
w	Falta de agua invernal	$33,3 > I_a \geq 16,7$ Falta
s	Falta de agua estival	$I_a > 33,3$ Falta estival
w	Falta de agua invernal	$I_a > 33,3$ Falta
Sólo para los tipos climáticos en función de la humedad C1, D, E (Seco subhúmedo, semiárido y árido)		
d	Exceso de agua pequeño	$10 > I_h \geq 0$
s	Exceso de agua invernal	$20 > I_h \geq 10$ Exceso
w	Exceso de agua estival	$20 > I_h \geq 10$ Exceso
s	Exceso de agua invernal	$I_h \geq 20$ Exceso
w	Exceso de agua estival	$I_h \geq 20$ Exceso

Según la evapotranspiración potencial ó eficacia térmica (ETP) se definen los siguientes tipos:

Tabla 18. Evapotranspiración potencial o eficacia térmica.

Tipo	Descripción	Condición
E'	Helada permanente	$142 \geq ETP$
D'	Tundra	$285 \geq ETP > 142$
C'1	Microtérnico	$427 \geq ETP > 285$
C'2		$570 \geq ETP > 427$

B'1	Mesotérmico	$712 \geq \text{ETP} > 570$
B'2		$855 \geq \text{ETP} > 712$
B'3		$997 \geq \text{ETP} > 855$
B'4		$1140 \geq \text{ETP} > 997$
A	Megatérmico	$\text{ETP} >$

La concentración de la eficacia térmica en el verano se define como el porcentaje de ETP correspondiente al verano, es decir:

$$\text{ETP}_{\text{verano}\%} = 100 \cdot (\text{ETP}_{\text{VI}} + \text{ETP}_{\text{VII}} + \text{ETP}_{\text{VIII}}) / \text{ETP}$$

Y genera los siguientes tipos de concentración estival de la eficacia térmica:

Tabla 19. Tipos de concentración estival de la eficacia térmica

Tipo	Condición
a'	$48,0 > \text{ETP}_{\text{V}\%}$
b'4	$51,9 > \text{ETP}_{\text{V}\%} \geq 48,0$
b'3	$56,3 > \text{ETP}_{\text{V}\%} \geq 51,9$
b'2	$61,6 > \text{ETP}_{\text{V}\%} \geq 56,3$
b'1	$68,0 > \text{ETP}_{\text{V}\%} \geq 61,6$
c'2	$76,3 > \text{ETP}_{\text{V}\%} \geq 68,0$
c'1	$88,0 > \text{ETP}_{\text{V}\%} \geq 76,3$
d'	$\text{ETP}_{\text{V}\%} \geq 88,0$

Debemos hacer algunas aclaraciones sobre este sistema de clasificación para interpretar correctamente sus índices y valores clave. El índice de humedad es un porcentaje, pero relaciona dos parámetros independientes (P y ETP) por lo que puede tomar valores superiores a 100; el índice de aridez no, porque la falta de agua se define respecto a la evapotranspiración máxima: la ETP. En el índice de humedad global se combinan el índice de humedad y el de aridez considerando que un exceso de humedad en un período puede compensar la falta en otro;

empíricamente se parte de que 6 mm de exceso en una estación pueden compensar, con una transpiración reducida, 10 mm de falta en otro. Los límites del Im 100 y -60 son racionales desde el punto de vista de que la humedad compensa todas las necesidades de agua en el primero y la falta llega al 100 % de las necesidades en el segundo (afectado por 0,6 en el Im); la 0 marca el límite entre el exceso de agua y la falta de agua. El resto de los límites son convencionales.

Para la distribución estacional de la humedad nos fijamos en la falta de agua, para los climas que globalmente tienen exceso, y en el exceso, para los climas que tienen falta. Téngase en cuenta la dificultad para encontrar climas con exceso en verano, pues, aunque los hay con período de lluvias en verano las necesidades de evapotranspiración también aumentan.

Las categorías térmicas se definen atendiendo a la eficacia térmica representada por la ETP como ya comentamos. La clasificación consta de cuatro letras matizadas, o no, con comillas o subíndices en el siguiente orden: tipo de humedad, tipo de eficacia térmica, distribución de la humedad y concentración estival.

Esta categorización es útil para entender cómo los diferentes tipos de clima afectan la vegetación y la agricultura en una región determinada, proporcionando información crucial para la gestión de recursos naturales y la planificación agrícola.

La Clasificación climática de Thornthwaite ha sido ampliamente utilizada y adaptada en estudios climáticos y geográficos debido a su enfoque en el balance hídrico, que es fundamental para comprender las condiciones ambientales y sus efectos en los ecosistemas.

4.1.3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE PAPADAKIS

Papadakis en 1952 clasifica los climas en función de las zonas agrícolas. Tiene en cuenta factores de gran importancia para la viabilidad de los cultivos, como son la severidad de los inviernos y la duración y el calor de los veranos. Para definir el clima de una zona es necesario conocer las medias de temperaturas máximas, medias, mínimas, mínimas absolutas, precipitación acumulada y evapotranspiración

potencial. A partir de estos valores se delimitan el tipo de invierno, el tipo de verano y el régimen hídrico. Combinando estos tres factores se determina el tipo de clima de la región.

4.1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE PAPADAKIS

- **Cuadro 1: Tipos De Invierno**

Se establecen los tipos de invierno, según los cultivos posibles en esta estación. Se determinan en función de la severidad de los inviernos de la zona, que viene dada por la media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío.

Se clasifican según los cultivos de invierno posibles, en cuanto a la severidad de los inviernos se refiere. Se determinan en función de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío.

Tabla 20. Tipos de invierno

Calificación	Características	Ejemplo
Pr	De siembra en primavera	Invierno demasiado frío para plantar trigo en otoño: Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío inferior a -29°C.
Ti	De trigo de invierno	Invierno suficientemente suave para plantar trigo en otoño, pero demasiado frío para plantar avena en otoño. Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a -29°C pero inferior a -10°C.

Av	De avena	Invierno suficientemente suave para plantar avena en otoño, pero demasiado frío para cultivar cítricos. Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a -10°C pero inferior a -2.5°C .
Ci	De cítricos	Invierno suficientemente suave para cultivar cítricos, pero el clima no está completamente libre de hielos. Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a -2.5°C pero inferior a 7°C .
Tp	Tropical	Clima completamente libre de hielos, con media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a 7°C pero inferior a 15°C
Ec	Ecuatorial	Clima con media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a 15°C

- Cuadro 2: Tipos De Verano**

Se determinan los tipos de verano, dependiendo de los cultivos posibles durante la estación cálida, que están condicionados por su duración y calidez.

Según el autor, la viabilidad de un cultivo viene dada por la posibilidad de efectuar plantaciones del mismo con fines comerciales. Hay que tener en cuenta que en la actualidad algunas variedades más resistentes sí se cultivan en zonas en las que según esta clasificación no serían viables.

Se clasifican según los cultivos de invierno posibles, en cuanto a la severidad de los inviernos se refiere. Se determinan en función de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío.

Tabla 21. Tipos de verano

Calificación	Características	Ejemplo
H	Hielo perpetuo	Promedio de las máximas medias de los 2 meses más cálidos inferior a 6°C.
Tu	Tundra	Promedio de las máximas medias de los 2 meses más cálidos superior a 6°C. Temperatura media del mes más cálido inferior a 10 °C. Nueve meses o más con temperaturas medias inferiores a 0°C.
A	Alpino	Promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos superior a 10°C. Promedio de las mínimas medias de los dos meses más cálidos inferior a 5°C.
Ta	Taiga-subalpino	El verano todavía no es lo suficientemente cálido para cultivar trigo. Máxima media del mes más cálido superior a 10°C. Promedio de las mínimas medias de los dos meses más cálidos

		superior a 5°C. Promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos inferior a 17°C, o media de mínimas absolutas superior a 2°C durante menos de 2.5 meses.
Tr	Trigo	Verano suficientemente cálido para cultivar trigo, pero no para cultivar maíz. Promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos superior a 17°C. Media de mínimas absolutas superior a 2°C durante más de 2.5 y menos de 4.5 meses.
M	Maíz	Verano suficientemente cálido para cultivar maíz, pero no para cultivar arroz. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 21°C. Media de mínimas absolutas superior a 2°C durante más de 4.5 meses y superior a 7°C durante menos de 3.5 meses y/o máxima media del mes más cálido inferior a 25°C.
O	Arroz (Oryza)	Verano suficientemente cálido para cultivar arroz, pero no para cultivar algodón. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 21°C. Media de las mínimas absolutas

		superior a 7°C durante más de 3.5 meses. Máxima media del mes más cálido superior a 25°C. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos inferior a 25°C y/ o media de las mínimas absolutas superior a 7°C durante menos de 4.5 meses.
G	Algodón (Gossypium)	El verano es lo suficientemente cálido para cultivar algodón. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 25°C. Media de mínimas absolutas superior a 7°C durante más de 4.5 meses.
C	Cafeto	Clima libre de heladas: Media de mínimas absolutas superior a 7°C durante 12 meses. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 21°C.

- Cuadro 3: Climas Anuales Térmicos**

Combinando los tipos de invierno con los tipos de verano se obtienen un número de climas térmicos, que indican qué cultivos son viables en cuanto a las temperaturas se refiere.

Tabla 22. Climas anuales térmicos

RÉGIMEN TÉRMICO		Nomenclatura	Tipo de invierno	Tipo de verano
Ecuatorial	Ecuatorial	EC	Ec	G

Tropical	Tropical	TP	Tp	G,O
Tierra templada (Tierras altas tropicales libres de heladas)	Tierra templada	TT	Tp	C
	Tierra templada fresca	Tt	Tp	M
Tierra fría (Tierras altas tropicales con heladas)	Bajas	TF	Ci	M
	Altas	Tf	Ci	Tr
	Andino de taiga	An	Av	Ta
Subtropical	Subtropical	STP	Ci	G
Marítimo	Cálido	MA	Ci	Tr, M, O
	Fresco	Ma	Av	Tr
	Frío	ma	Ti, Av	Tu
Templado	Cálido	TE	Av	M, O
	Fresco	Te	Ti	Tr
Continental	Cálido	CO	Ti, Av	G
	Semicálido	Co	Pr, Ti	M, O
	Frío	co	Pr	Tr
Alpino	Subalpino	AL	Pr, Ti	Ta
	Alpino	Al	Pr	A
Polar	Taiga	TA	Pr, Ti	Ta
	Tundra	TU	Pr	Tu
	Hielo perpetuo	HI	Pr	H

• **Cuadro 4: Climas Mensuales Hídricos**

Para caracterizar cada mes desde el punto de vista hídrico:

P = precipitación; R = reserva; ETP = evapotranspiración potencial

Tabla 23. Climas mensuales hídricos

a	ARIDO	$P+R < 25\% \text{ ETP}$
s	SECO	$25\% \text{ ETP} < P+R < 50\% \text{ ETP}$

i	INTERMEDIO SECO	$50\% \text{ ETP} < P+R < 75\% \text{ ETP}$
y	INTERMEDIO HUMEDO	$75\% \text{ ETP} < P+R < 100\% \text{ ETP}$
p	POST-HUMEDO	$P+R > 100\% \text{ ETP}$ - la lluvia no cubre la ETP
h	HUMEDO	$P > 100\% \text{ ETP}$ - $(P+R) < 200\% \text{ ETP}$ o $(P+R) - \text{ETP} < 100 \text{ mm}$
w	MOJADO	$(P+R) > 200\% \text{ ETP}$ y $(P+R) - \text{ETP} > 100 \text{ mm}$

Cuadro 5: Regímenes Hídricos

Para caracterizar un clima desde el punto de vista hídrico. Se tiene en cuenta la cantidad de agua disponible para las plantas, así como su distribución estacional.

Tabla 24. Regímenes hídricos

Húmedo (HU, Hu)	La precipitación anual supera a la ETP anual; ningún mes seco (a o s); el excedente estacional de lluvia (L_n) (*) supera el 25% de la ETP anual. Se distinguen dos subtipos: Siempre húmedo (HU) : cuando todos los meses son húmedos (h o w); Húmedo (Hu) : cuando uno o más meses no son húmedos, pero tampoco secos.
Mediterráneo (ME, Me, me)	Latitud superior a 20° . La lluvia de invierno (junio, julio y agosto en el hemisferio sur), supera a la de verano (diciembre, enero y febrero en el hemisferio sur). El clima no es ni desértico ni húmedo. Se distinguen tres subtipos: Mediterráneo húmedo o lluvioso (ME) : L_n supera el 25% de la ETP anual; Mediterráneo seco (Me) : L_n es menor del 25% de la ETP; Mediterráneo semiárido (me) : Más seco que el

	anterior. Abril en el hemisferio Norte, octubre en el Sur, es seco, (a, s). Los cultivos necesitan riego.
Estepario (St)	Ni húmedo, ni mediterráneo, ni desértico, ni monzónico. En primavera, en conjunto (marzo, abril y mayo en el hemisferio Norte, septiembre, octubre y noviembre en el hemisferio Sur), la precipitación cubre más del 50% de la ETP.
Isohigro semiárido (Si)	Semejante al anterior, pero la lluvia de primavera cubre menos del 50% de la ETP.
Monzónico (MO, Mo, mo)	En base a la relación P/ETP, el verano es más húmedo que el invierno y la primavera. El régimen no es ni húmedo ni desértico. Se divide en: Monzónico lluvioso (MO): , $L_n > 25\%$ ETP; Monzónico seco (Mo): $L_n < 25\%$ ETP y la lluvia cubre más del 44% de la ETP anual; Monzónico semiárido (mo): La lluvia cubre menos del 44% de la ETP anual.
Desértico (de, di, do, da)	Todos los meses con máxima media $> 15^{\circ}\text{C}$ son secos; la lluvia anual cubre menos del 22% de la ETP anual. Se divide en: Desértico mediterráneo (de): uno o más meses no áridos en invierno; Desértico monzónico (do): uno o más meses no áridos en verano; Desértico isohigro (di): uno o más meses no áridos en primavera o la lluvia cubre más del 9% de la ETP; Desierto absoluto (da): todos los meses son áridos, la lluvia cubre menos del 9% de la ETP.

La clasificación climática de Papadakis es especialmente útil en el campo de la agroclimatología. Su enfoque en las temperaturas mínimas y las estaciones de crecimiento lo hace altamente relevante para la planificación agrícola y la evaluación del potencial de cultivo en diversas regiones. También es útil para la gestión de recursos naturales y el diseño de estrategias de adaptación al cambio climático, ya que permite una comprensión detallada de las condiciones climáticas específicas que afectan la producción agrícola.

Además, la clasificación de Papadakis ha sido utilizada en estudios de impacto ambiental y conservación de la biodiversidad, ya que ofrece una visión clara de cómo las condiciones climáticas influyen en los ecosistemas y en la distribución de especies. Su énfasis en las condiciones extremas y la duración de las estaciones de crecimiento proporciona información crucial para la toma de decisiones en áreas que dependen fuertemente del clima, como la agricultura, la silvicultura y la gestión de recursos hídricos.

En resumen, la clasificación climática de Papadakis es una herramienta valiosa que complementa otros sistemas de clasificación climática al proporcionar una perspectiva detallada y práctica de las condiciones climáticas, especialmente en relación con la agricultura y el manejo de recursos naturales.

4.1.4. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE LA UNESCO-FAO

En la década de 1960, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) comenzó a trabajar en una versión modificada de la clasificación de Köppen. Esta modificación tenía como objetivo principal incorporar elementos adicionales relevantes para la agricultura y la vegetación, además de las características climáticas generales.

La colaboración con la UNESCO permitió que esta clasificación se desarrollara aún más, integrando no solo aspectos climáticos, sino también consideraciones sobre cómo los diferentes climas afectan la distribución natural de la vegetación en todo el mundo.

A lo largo de los años, la clasificación ha experimentado ajustes y refinamientos para reflejar mejor las realidades climáticas y ambientales cambiantes. Esto incluye la adaptación a nuevas técnicas de análisis climático y la incorporación de datos más precisos sobre la vegetación y la cobertura del suelo.

La clasificación UNESCO-FAO realiza un agrupamiento por características térmicas y de aridez. Para éstas últimas se define un índice xerotérmico.

Se define el índice xerotérmico anual como suma de los índices xerotérmicos mensuales para aquellos meses en los cuales la precipitación media (mm) es menor o igual a dos veces su temperatura media (°C), es decir:

$$X = \sum x_i \text{ para todo } i \text{ tal que } P_i \leq 2 \cdot t_{mi}$$

El índice xerotérmico mensual se define como:

$$x_i = (N_i - N_{li} - N_{ni} / 2 - N_{ro} / 2) \cdot K(Hr)$$

En donde: N_i es el número de días del mes "i"; N_{li} , N_{ni} y N_{ro} son el número de días en el mes "i" de lluvia, niebla y rocío, respectivamente. Y $K(Hr)$ es una constante función de la humedad relativa que toma los siguientes valores:

Tabla 25. Constante función de la humedad

K(Hr)	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
Hr	< 40%	40-59,9%	60-79,9%	80-89,9%	90-99,9%	100%

Así pues, el índice xerotérmico representa los días del mes que no son de lluvia y, en menor medida (divididos por dos), que tampoco son de niebla ni de rocío; y está afectado por un coeficiente reductor a medida que la humedad relativa es mayor. Es decir, es un índice de días secos.

La clasificación por temperatura define tres grupos, dos de los cuales tienen subdivisiones, según los valores de la temperatura media del mes más frío (el grupo 3 se define con la temperatura media del mes más cálido) y las siguientes condiciones:

Tabla 26. Clasificación por temperatura

Clase	Condición
Grupo 1	$tm1 > 0$
Cálido	$tm1 \geq 15$
Templado-cálido	$15 > tm1 \geq 10$
Templado-medio	$10 > tm1 > 0$
Grupo 2	$0 \geq tm1$
Templado-frío	$0 > tm1 \geq -5$
Frío	$-5 > tm1$
Grupo 3	$0 > tm12$
Glacial: todos los meses del año con tm	$0 > tm12$

Se concede importancia al rigor de la estación fría, por lo que se definen los siguientes tipos de invierno en función de la temperatura media de mínimas del mes más frío $t1$:

Tabla 27. Tipos de invierno

Tipo de Invierno	Condición
Sin invierno	$t1 \geq 11^{\circ}\text{C}$
Cálido	$11 > t1 \geq 7$
Suave	$7 > t1 \geq 3$
Moderado	$3 > t1 \geq -1$
Frío	$-1 > t1 \geq -5$
Muy frío	$-5 > t1$

Las subdivisiones por aridez son distintas para los distintos grupos térmicos. Se recogen aquí los correspondientes al Grupo 1 y 2. El grupo 1 tiene las siguientes subdivisiones por aridez:

Tabla 28. Subdivisiones por aridez

Xéricos	Áridos	Período seco mayor de 9 meses
	Mediterrán	Período seco de 1 a 8 meses. Coincidiendo con la estación

	Tropical	Período seco de 1 a 8 meses. Coincidiendo con la estación
Bixérico		Período seco de 1 a 8 meses, sumando dos períodos
Axérico		Ningún mes seco

La clasificación climática de la UNESCO-FAO se utiliza ampliamente en estudios agroclimáticos, forestales, de conservación de la biodiversidad y de planificación del uso de la tierra. Es una herramienta importante para entender cómo los diferentes tipos de clima afectan la vegetación natural, la agricultura y otros aspectos ambientales en diferentes regiones del mundo.

UNESCO-FAO es una herramienta valiosa para estudiar y entender los climas del mundo, proporcionando una base sólida para la planificación y la gestión ambiental en diversas escalas geográficas (De Navarra, s.f.).

4.1.5. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN MODIFICADO

POR ENRIQUETA GARCÍA

La clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García es una adaptación del sistema original de Köppen, que es uno de los sistemas de clasificación climática más utilizados y reconocidos a nivel mundial. Enriqueta García, una investigadora mexicana, realizó una modificación específica para adecuar el sistema a las condiciones climáticas de México y otras regiones de América Latina. Aquí te explico algunos aspectos clave de esta modificación:

Fundamentos del sistema de Köppen: El sistema de clasificación climática de Köppen originalmente clasifica los climas según la temperatura y la precipitación, dividiéndolos en letras y números que representan diferentes tipos de climas basados en los regímenes climáticos predominantes.

Modificaciones por Enriqueta García: Enriqueta García adaptó el sistema de Köppen para hacerlo más específico y relevante para las condiciones climáticas de México y otras partes de América Latina. Esto incluyó ajustes en los criterios de clasificación y la incorporación de variables climáticas adicionales que son

significativas para estas regiones, como la altitud y la influencia de fenómenos climáticos locales.

Aplicaciones regionales: La modificación de Enriqueta García ha sido utilizada principalmente en estudios climáticos y ambientales en México y América Latina, proporcionando una herramienta adaptada y más precisa para entender los diferentes tipos de climas y sus efectos en la vegetación, la agricultura y otros aspectos ambientales específicos de estas regiones.

Importancia y uso: Esta modificación es valorada por su capacidad para proporcionar una clasificación climática más detallada y contextualizada, lo que es crucial para la planificación y gestión ambiental, así como para la investigación científica en climatología en contextos regionales específicos.

En resumen, la modificación del sistema de Köppen por Enriqueta García representa un esfuerzo significativo para adaptar y mejorar la precisión de la clasificación climática en México y América Latina, asegurando que refleje de manera más exacta las condiciones climáticas locales y sus impactos asociados.

4.2. COMPLEMENTOS EDUCACIONALES

Tabla 29. Complementos educativos del Tema 4. Clasificación climática

COMPLEMENTOS EDUCACIONALES		
Tema 4. Clasificación climática		
4.1. Clasificación climática	Casos de Estudio 4-A	
	Actividad	Estudios prácticos de la clasificación climática en las diferentes regiones del país.
	Instrucciones	El estudiante realizar una presentación ejecutiva en Power Point, donde explique la clasificación climática en las diferentes regiones del país. Ingresar a plataforma de CONAGUA o Sistema Nacional de Meteorología,

	buscar la interpretación cartográfica de las regiones climáticas del país.
Herramienta tecnológica	Power Point
Material digital	https://smn.conagua.gob.mx/es/
Casos de Estudio 4-B	
Actividad	Comparación del mapas climáticos con la distribución de la vegetación.
Instrucciones	Con apoyo del contenido en este material, tema del 4.1.1 al 4.1.5. una presentación ejecutiva donde se describan la comparación del mapas climáticos con la distribución de la vegetación en el país.
Herramienta tecnológica	Power Point
Infografía	
Actividad	Descripción de la importancia de cada una de las clasificaciones climáticas según los puntos del tema 4.1.1 al 4.1.5.
Instrucciones	Con apoyo del contenido en este material, tema del 4.1.1 al 4.1.5. elaborar una infografía donde se detalle y describa cada una de las clasificaciones climáticas.
Herramienta tecnológica	Canvas
Ejercicios / Casos prácticos	
Actividad	Elaborar un listado por estados representativos de regiones agrícolas importantes de acuerdo a sus climas.

	Instrucciones	Realizar una búsqueda en diferentes fuentes bibliográficas confiables sobre los estados con más producción agrícola de acuerdo al clima y elaborar un listado por estados representativos de regiones agrícolas importantes de acuerdo a sus climas. Los estados que se pueden investigar para realizar la actividad son: Sinaloa, Guanajuato, Michoacán, Tamaulipas y Veracruz
	Herramienta tecnológica	Excel Power Point

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, L. (n.d.). *Atlas de nubes*. Atlas de nubes: <https://www.imn.ac.cr/atlas-de-nubes>
- Barry, R. G., & Chorley, R. (2003). *Atmosphere, Weather and Climate*. Londres: Routledge.
- Bradley, R. (2015). *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*. Academic Press.
- De Navarra, M. (n.d.). *Meteorología y climatología de Navarra*. Meteorología y climatología de Navarra: <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm#:~:text=Divide%20los%20climas%20del%20mundo,subgrupo%20en%20tipos%20de%20clima>.
- Fernandez Ortiz, A. L. (2017). *Meteorología y Climatología*. Bogota.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Sixth Assessment Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Ledezma Jimeno, M. (2011). *Principios de Meteorología y Climatología*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Lynch, P. (2008). *The Emergence of Numerical Weather Prediction: Richardson's Dream*. Cambridge University Press.
- OMM, O. M. (1917). *Atlas Internacional de Nubes*. Atlas Internacional de Nubes: <https://cloudatlas.wmo.int/es/foreword-to-the-2017-edition.html>
- Sánchez Huerta, J. B. (1963). *observatorio meteorologico del colegio de geografia UNAM*. observatorio meteorologico del colegio de geografia UNAM: <http://observatoriometeorologico.filos.unam.mx/instrumentos-meteorologicos/>
- Wark, D. (1986). *Meteorology: A Historical Survey*. American Meteorological Society.

SITIOS WEB

Instituto Nacional de Estadística y Censo: <https://www.inec.gob.pa/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): <https://www.inegi.org.mx/>

Sistema Meteorológico Nacional: <https://smn.conagua.gob.mx/es/>

Organización Meteorológica Mundial: <https://cloudatlas.wmo.int/es/meteorological-definition-of-a-meteor.html>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático:
<https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/efectos-del-cambio-climatico#:~:text=Efectos%20del%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20en%20M%C3%A9xico&text=El%20pa%C3%ADs%20se%20ha%20vuelto,y%20hay%20m%C3%A1s%20noches%20c%C3%A1lidas.>

Meteorología y climatología de Navarra:
<http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm#B>

INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA PARA LA FORMACIÓN Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 1 de 29

Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva

Subdirección Académica

Periodo: Enero-junio

Nombre de la asignatura: Meteorología y Climatología

Plan de estudios: IHID-2010-236

Clave de asignatura: IHC-1021

Horas Teórico- Horas Practicas- Créditos: 2-2-4

1. Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Hidrólogo las competencias para comprender el sistema atmosférico, sus variables, características e interacciones que determinan el estado del tiempo y el clima. Los fenómenos meteorológicos como parte de los sistemas hídricos y por ende su efecto en el equilibrio ecológico, la calidad del agua, contaminación del suelo ya que son indicadores de las modificaciones en el clima, por lo tanto, es de gran importancia que el estudiante tenga claro las relaciones causa-efecto de los elementos atmosféricos que afectan su entorno, para que reduzca su vulnerabilidad a fenómenos meteorológicos extremos.

Aportación del perfil:

- Utiliza las tecnologías de la información y la comunicación para predecir y prevenir desastres naturales y aumentar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos en beneficio de la sociedad y su entorno.
- Evalúa las relaciones de causa efecto entre los factores ambientales, calidad del agua, contaminación de suelo, equilibrio ecológico y cambio climático que afecta a los sistemas hídricos para lograr la sustentabilidad.

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 2 de 29

Meteorología y Climatología en la carrera de Ingeniería Hidrológica se relaciona directamente con asignaturas como Hidrología superficial, Técnica estadísticas en hidrología, Análisis Hidrológico de Sequías e Inundaciones, Sistemas de riego, Hidrología urbana, Abastecimiento de agua potable, Modelos de simulación, Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, Desarrollo sustentable.

Las competencias con las que se relaciona son: Registra, Organiza y planifica información meteorológica que puede ser utilizable para posteriores análisis de distinta índole, que impacten en la toma de decisiones que promuevan el desarrollo sustentable de micro y macroregiones en torno a fenómenos meteorológicos extremos y el buen uso y manejo del agua.

2. Intención Didáctica

La asignatura está organizada en cuatro temas, dentro de las cuales se analizan los conceptos y la aplicación de los mismos. En el primer tema se abordan los conceptos de meteorología y climatología buscando una visión de conjunto de este campo de estudio, incluyendo la clasificación de las estaciones meteorológicas. En el segundo tema se inicia caracterizando los componentes de la atmosfera y las capas que la conforman, así como el análisis del efecto invernadero y los gases que en el intervienen. El tercer tema se enfoca en el análisis de los factores y los elementos del clima, además de conocer los métodos de medición y estimación. Y por último en el cuarto tema se revisan las clasificaciones de los sistemas climáticos como lo proponen Köppen, Thornthwaite, Papadakis y UNESCO, además de definir los climas existentes en el país según Enriqueta García. Además de que se incluyen el uso de técnicas cartográficas. El enfoque sugerido para la asignatura está apoyado por actividades prácticas que promuevan el desarrollo de competencias, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, aquellas competencias que propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja.

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0 Página 3 de 29

3. Competencia de la asignatura

Explica los conceptos básicos de meteorología y climatología, además de conocer los equipos utilizados en las estaciones meteorológicas para conocer y registrar las variables que caracterizan el tiempo. Analiza la composición de la atmosfera y su estructura vertical para entender los fenómenos meteorológicos que en ella ocurran y el efecto invernadero. Identifica los elementos y factores del clima para considerar su importancia en la clasificación climática.

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 4 de 29

4. Análisis por competencias específicas

Competencia No.: **1 Antecedentes y Generalidades** Descripción: Adquiere los conceptos básicos de meteorología y conoce los componentes de una estación meteorológica para registrar e interpretar las variables que caracterizan el tiempo

TEMAS Y SUBTEMAS PARA DESARROLLAR LA COMPETENCIA ESPECÍFICA	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA	DESARROLLO DE COMPETENCIAS GENÉRICAS	HORAS TEÓRICO-PRÁCTICA
1.1. Conceptos básicos. 1.1.1. Meteorología. 1.1.2. Climatología. 1.1.3. Clasificación de los meteoros. 1.2. Estaciones meteorológicas y climatológicas. 1.2.1. Red meteorológica. 1.2.2. Clasificación de estaciones. 1.2.3. Instrumental de una estación meteorológica.	El estudiante: El estudiante registrara en su bitácora de seguimiento (Libreta de apuntes) cada uno de los aspectos considerados en los puntos del 1.1 al 1.2) Tema 1: 1. El estudiante realizará búsqueda exhaustiva en relación con los conceptos de meteorología y climatología y sus diferencias 2. El estudiante investigación en fuentes recomendadas sobre las	El docente: 1. Por Clase Magistral Introdutoria al inicio del tema, donde se da a conocer la competencia específica y temario 2. Presenta los criterios de evaluación al grupo, y da conocer las posibles actividades formativas y las evidencias de aprendizaje con los valores de cada uno de los indicadores de alcance 3. Se aplica examen diagnóstico, para identificar el conocimiento previo del	*Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas *Comunicación oral y escrita *Habilidades de investigación.	6 – 6=12 Hrs

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 5 de 29

	estaciones meteorológicas y los tipos de estaciones meteorológicas 3. El estudiante realizará investigación en fuentes recomendadas de las partes de una estación meteorológica y la importancia de su medición para la industria hidrológica y agronómica 4. El estudiante realizará investigación en fuentes recomendadas sobre las capas atmosféricas de la tierra	tema a desarrollar: oral o escrito 4. El docente realiza la presentación de los diferentes temas en diapositivas o escritos en pizarrón y mediante lluvia de ideas identifica el conocimiento previo del estudiante sobre la meteorología y climatología 5.- Propiciar la búsqueda en distintas fuentes para Investigar Un listado de diferencias entre clima y meteorología como evidencia de aprendizaje. 6.- Se propiciará con clase magistral los tipos de estaciones meteorológicas 7.- Se Desarrollará investigación en relación con las capas atmosféricas		
--	--	--	--	--

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 6 de 29

INDICADORES DE ALCANCE	VALOR DEL INDICADOR
A. Es capaz de adaptarse a situaciones y contextos complejos	8
B. Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas	2
C. Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).	6
D. Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo, el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio).	2
E. Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje	7
F. Realiza su trabajo de manera Autónoma y Autorregulada.	5

Niveles de desempeño:

DESEMPEÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO	INDICADORES DE ALCANCE	VALORACIÓN NUMÉRICA
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple al menos cinco de los siguientes indicadores a) Se adapta a situaciones y contextos complejos. Puede trabajar en equipo, reflejar sus conocimientos en la interpretación de la realidad. Inferir comportamientos o consecuencias de los fenómenos o problemas en estudio. Incluir más variables en dichos casos de estudio. b) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas. Pregunta integrando conocimientos de otras asignaturas o de casos anteriores de la misma asignatura. Presenta otros puntos	95-100

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Página 7 de 29

		de vista que complementan al presentado en la clase. Presenta fuentes de información adicionales (Internet, documentales), usa más bibliografía, consulta fuentes en un segundo idioma, etc. c) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase(creatividad). Ante problemas o casos de estudio propone perspectivas diferentes, para abordarlos y sustentarlos correctamente. Aplica procedimientos aprendidos en otra asignatura o contexto para el problema que se está resolviendo. d) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo, el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio). Ante temas de una asignatura, introduce cuestionamientos de tipo ético, ecológico, histórico, político, económico, etc.; que deben tomarse en cuenta para comprender mejor, o a futuro dicho tema. Se apoya en foros, autores, bibliografía, documentales, etc. para sustentar su punto de vista. e) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje. En el	
--	--	---	--

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Página 8 de 29

		desarrollo de los temas de la asignatura, incorpora conocimientos y actividades desarrollados en otras asignaturas para lograr la competencia. f) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada. Es capaz de organizar su tiempo y trabajar sin necesidad de una supervisión estrecha y/o coercitiva. Aprovecha la planeación de la asignatura presentada por el (la) profesor(a) (instrumentación didáctica) para presentar propuestas de mejora de la temática vista durante el curso. Realiza actividades de investigación para participar activamente durante el curso.	
	Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	75-84
	Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y Actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	NA

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales						Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1						Revisión: 0
							Página 9 de 29

Matriz de evaluación:

EVIDENCIA DE APRENDIZAJE	%(70%)	INDICADOR DE ALCANCE / 30%						EVALUACIÓN FORMATIVA DE LA COMPETENCIA
		A	B	C	D	E	F	
Investigación de conceptos y diferencias entre meteorología y climatología	20	2	2				2	Rubrica
Investigación de estaciones climatológicas y sus componentes	20			2	2	2		Rubrica
Capas atmosféricas	10	1		1			1	Rubrica
Examen	50	5		3		5	2	Rubrica
	Total	8	2	6	2	7	5	100%

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 10 de 29

Competencia No.: **2 Atmósfera** Descripción: Conoce la composición de la atmosfera y su estructura vertical e identifica y analiza los fenómenos meteorológicos que en ella ocurren para relacionarlos al impacto en los ecosistemas.

TEMAS Y SUBTEMAS PARA DESARROLLAR LA COMPETENCIA ESPECÍFICA	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA	DESARROLLO DE COMPETENCIAS GENÉRICAS	HORAS TEÓRICO-PRÁCTICA
2. Atmósfera 2.1. Composición de la atmósfera. 2.1.1. Propiedades y termodinámica de la atmosfera. 2.2. Estructura vertical de la atmósfera. 2.2.1. Troposfera 2.2.2. Estratosfera. 2.2.3. Mesosfera. 2.2.4. Termósfera. 2.2.5. Exósfera. 2.3. Efecto invernadero. 2.3.1. Definición e importancia. 2.3.2. Gases invernadero.	El estudiante: El estudiante registrara en su bitácora de seguimiento (Libreta de apuntes) cada uno de los aspectos considerados en los puntos del 2.1 al 2.3.2) Tema 2: 1. El estudiante realizará investigación exhaustiva en relación con la atmosfera, composición y propiedades 2. El estudiante será capaz de realizar esquemáticamente en tercera dimensión de la estructura vertical de la atmosfera para demostrar la relación benéfica entre ellas, para los seres vivos 3. El estudiante será capaz de realizar una práctica	La docente: 1. Por Clase Magistral Introductoria al inicio del tema, donde se da a conocer la competencia específica y temario 2. Presenta los criterios de evaluación al grupo, y da conocer las posibles actividades formativas y las evidencias de aprendizaje con los valores de cada uno de los indicadores de alcance 3. El docente realiza la presentación de los diferentes temas en diapositivas o escritos en pizarrón y mediante lluvia de ideas identifica el conocimiento previo del	Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas Comunicación oral y escrita. Habilidades de investigación.	8 –8 =16 Hrs

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 11 de 29

	demostrativa del efecto invernadero causado de manera natural por las actividades antropogénicas	estudiante sobre la atmosfera 4. Propiciar la búsqueda en distintas fuentes para promover una investigación y diseño de la estructura vertical de la atmosfera 5. A partir de los conceptos e importancia de los gases invernadero de temas descritos en la sección presente (2.3. 2.3.1. – 2.3.2); se promoverá entre los estudiantes la capacidad de su creatividad y realice una práctica demostrativa del efecto invernadero.		
--	--	--	--	--

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 12 de 29

Indicadores de alcance

INDICADORES DE ALCANCE	VALOR DEL INDICADOR
A. Es capaz de adaptarse a situaciones y contextos complejos	4
B. Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas	4
C. Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).	8
D. Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo, el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio).	5
E. Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje	5
F. Realiza su trabajo de manera Autónoma y Autorregulada.	4

Niveles de desempeño

DESEMPEÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO	INDICADORES DE ALCANCE	VALORACIÓN NUMÉRICA
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple al menos cinco de los siguientes indicadores a) Se adapta a situaciones y contextos complejos. Puede trabajar en equipo, reflejar sus conocimientos en la interpretación de la realidad. Inferir comportamientos o consecuencias de los fenómenos o problemas en estudio. Incluir más variables en dichos casos de estudio. b) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas. Pregunta integrando conocimientos de otras asignaturas o de casos anteriores de la misma asignatura. Presenta otros puntos	95-100

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Página 13 de 29

		de vista que complementan al presentado en la clase. Presenta fuentes de información adicionales (Internet, documentales), usa más bibliografía, consulta fuentes en un segundo idioma, etc. c) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase(creatividad). Ante problemas o casos de estudio propone perspectivas diferentes, para abordarlos y sustentarlos correctamente. Aplica procedimientos aprendidos en otra asignatura o contexto para el problema que se está resolviendo. d) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo, el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio). Ante temas de una asignatura, introduce cuestionamientos de tipo ético, ecológico, histórico, político, económico, etc.; que deben tomarse en cuenta para comprender mejor, o a futuro dicho tema. Se apoya en foros, autores, bibliografía, documentales, etc. para sustentar su punto de vista. e) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje. En el	
--	--	---	--

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 14 de 29

		desarrollo de los temas de la asignatura, incorpora conocimientos y actividades desarrollados en otras asignaturas para lograr la competencia. f) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada. Es capaz de organizar su tiempo y trabajar sin necesidad de una supervisión estrecha y/o coercitiva. Aprovecha la planeación de la asignatura presentada por el (la) profesor(a) (instrumentación didáctica) para presentar propuestas de mejora de la temática vista durante el curso. Realiza actividades de investigación para participar activamente durante el curso.	
	Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	75-84
	Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y Actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	NA

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales		Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1		Revisión: 0
			Página 15 de 29

Matriz de evaluación

EVIDENCIA DE APRENDIZAJE	% (70%)	INDICADOR DE ALCANCE / 30%						EVALUACIÓN FORMATIVA DE LA COMPETENCIA
		A	B	C	D	E	F	
Investigación amplia	20	2	2				2	Rubrica
Esquema en tercera dimensión	30			3	3	3		Rubrica
Practica demostrativa	30	1	1	4	1	1	1	Rubrica
EXAMEN	20	1	1	1	1	1	1	Rubrica
	Total	4	4	8	5	5	4	100%

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 16 de 29

Competencia No.: **3 Factores y elementos del clima** Descripción: Conoce los factores y elementos del clima para su comprensión y establecer su importancia en la clasificación climática. Genéricas

TEMAS Y SUBTEMAS PARA DESARROLLAR LA COMPETENCIA ESPECÍFICA	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA	DESARROLLO DE COMPETENCIAS GENÉRICAS	HORAS TEÓRICO-PRÁCTICA
3.1. Longitud, latitud y altitud, distribución de tierras y aguas, vegetación y relieve. 3.2. Radiación solar. 3.2.1. Composición de radiación solar. 3.2.2. Balance de la radiación solar. 3.2.3. Medición y estimación 3.3. Temperatura 3.3.1. Definición de temperatura y calor. 3.3.2. Medición de la temperatura. 3.3.3. Perfil vertical de la temperatura. 3.3.4. Heladas. 3.3.5. Efectos de la temperatura. 3.3.6. Probabilidad de los eventos estocásticos y predicción.	El estudiante: El estudiante registrara en su bitácora de seguimiento (Libreta de apuntes) cada uno de los aspectos considerados en los puntos del 3.1 al 3.6) Tema 3: 1. El estudiante realizará investigación exhaustiva en relación con las condiciones climáticas que componen las regiones del mundo, mostrando mediante una exposición oral-mapas climáticos entre las relaciones existentes	La docente: 1. Por Clase Magistral Introdutoria al inicio del tema, donde se da a conocer la competencia específica y temario 2. Presenta los criterios de evaluación al grupo, y da conocer las posibles actividades formativas y las evidencias de aprendizaje con los valores de cada uno de los indicadores de alcance 3. El docente realiza la evaluación de los temas expuestos por el estudiante sobre el clima 4. Propiciar la búsqueda en distintas fuentes para	Habilidades básicas de manejo del tic's. Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas Toma de decisiones. Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) .	10 – 10=20 Hrs

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 17 de 29

3.4. Presión atmosférica y vientos 3.4.1. Definición 3.4.2. Gradientes de presión. 3.4.3. Centros de alta y baja presión 3.4.4. Ciclones 3.4.5. Anticiclones 3.4.6. Medición y estimación 3.5. Humedad atmosférica y precipitación 3.5.1. Tipos de humedad atmosférica 3.5.2. Nubes 3.5.3. Tipos y formas de precipitación 3.5.4. Distribución de lluvias 3.5.5. Medición y estimación 3.5.6. Psicrometría 3.6. Evapotranspiración.	con elementos y factores climáticos 2. El estudiante será capaz de realizar búsqueda de ejemplos en diferentes regiones referente a los temas como radiación solar, marcar la diferencia entre calor y temperatura, la medición de la temperatura, mediante el perfil de temperatura, origen de las heladas. El estudiante desarrollara un ensayo en relación con el tema expuesto de eventos estocásticos, predicción, medición y estimación de ciclones, precipitación y evapotranspiración frente al grupo, respetando el tiempo y dominio de los temas.	realizar investigaciones en sucesos climáticos en regiones diferentes que muestren la relación entre elementos y factores climáticos 5. Se propiciará con clase magistral en relación con la presión atmosférica, gradientes de presión formación de ciclones y nubes y precipitación y evapotranspiración. 6. Mediante ejemplos se planteara los eventos estocásticos y predicción, medición y estimación de ciclones, precipitación y evapotranspiración y presentara un ensayo		
--	--	--	--	--

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 18 de 29

Indicadores de alcance

INDICADORES DE ALCANCE	VALOR DEL INDICADOR
A. Es capaz de adaptarse a situaciones y contextos complejos	5
B. Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas	3
C. Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).	7
D. Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo, el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio).	5
E. Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje	7
F. Realiza su trabajo de manera Autónoma y Autorregulada.	3

Niveles de desempeño:

DESEMPEÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO	INDICADORES DE ALCANCE	VALORACIÓN NUMÉRICA
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple al menos cinco de los siguientes indicadores a) Se adapta a situaciones y contextos complejos. Puede trabajar en equipo, reflejar sus conocimientos en la interpretación de la realidad. Inferir comportamientos o consecuencias de los fenómenos o problemas en estudio. Incluir más variables en dichos casos de estudio. b) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas. Pregunta	95-100

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 19 de 29

		integrando conocimientos de otras asignaturas o de casos anteriores de la misma asignatura. Presenta otros puntos de vista que complementan al presentado en la clase. Presenta fuentes de información adicionales (Internet, documentales), usa más bibliografía, consulta fuentes en un segundo idioma, etc. c) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase(creatividad). Ante problemas o casos de estudio propone perspectivas diferentes, para abordarlos y sustentarlos correctamente. Aplica procedimientos aprendidos en otra asignatura o contexto para el problema que se está resolviendo. d) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo, el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio). Ante temas de una asignatura, introduce cuestionamientos de tipo ético, ecológico, histórico, político, económico, etc.; que deben tomarse en cuenta para comprender mejor, o a futuro dicho tema. Se apoya en foros, autores, bibliografía,	
--	--	---	--

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: O
		Página 20 de 29

		documentales, etc. para sustentar su punto de vista. e) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje. En el desarrollo de los temas de la asignatura, incorpora conocimientos y actividades desarrollados en otras asignaturas para lograr la competencia. f) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada. Es capaz de organizar su tiempo y trabajar sin necesidad de una supervisión estrecha y/o coercitiva. Aprovecha la planeación de la asignatura presentada por el (la) profesor(a) (instrumentación didáctica) para presentar propuestas de mejora de la temática vista durante el curso. Realiza actividades de investigación para participar activamente durante el curso.	
	Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	75-84
	Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	70-74

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales		Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1		Revisión: 0
			Página 21 de 29

Competencia no alcanzada	Insuficiente	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y Actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	NA
--------------------------	--------------	--	----

Matriz de evaluación:

EVIDENCIA DE APRENDIZAJE	% (70%)	INDICADOR DE ALCANCE / 30%						EVALUACIÓN FORMATIVA DE LA COMPETENCIA
		A	B	C	D	E	F	
Investigación	10	1	1				1	Rubrica
Exposición frente al grupo con Mapas climáticos	30			3	3	3		Rubrica
Ejemplos diversos del tema	20	2		2			2	Rubrica
Ensayo	20		2		2	2		Rubrica
EXAMEN	20	2		2		2		Rubrica
	Total	5	3	7	5	7	3	100%

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 22 de 29

Competencia No.: **4 Clasificación climática** Descripción: Aplica el conocimiento de los grupos climáticos que existen en el país para asociarlos con la vegetación nativa, vocación, potencial de utilización y necesidades de conservación de la región y el país

TEMAS Y SUBTEMAS PARA DESARROLLAR LA COMPETENCIA ESPECÍFICA	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA	DESARROLLO DE COMPETENCIAS GENÉRICAS	HORAS TEÓRICO-PRÁCTICA
4.1. Sistemas de clasificación climática 4.1.1. clasificación climática de Köppen 4.1.2. Clasificación climática de Thornthwaite 4.1.3. Clasificación climática de Papadakis 4.1.4. Clasificación climática de la UNESCO-FAO 4.1.5. Clasificación climática de Köppen modificado por Enriqueta García.	El estudiante: El estudiante registrara en su bitácora de seguimiento (Libreta de apuntes) cada uno de los sistemas de clasificación climáticas considerados en los puntos del 4.1.1 al 4.1.5.) Tema 4: 1. El estudiante mediante trabajo de equipo realizará investigación sobre la clasificación climática en las diferentes regiones. 2. A través de un MAPA MENTAL con la búsqueda de información en mapas climaticos que especifique las	La docente: 1. Por Clase Magistral Introdutoria al inicio del tema, donde se da a conocer la competencia específica y temario 2. Presenta los criterios de evaluación al grupo, y da conocer las posibles actividades formativas y las evidencias de aprendizaje con los valores de cada uno de los indicadores de alcance 3. El docente realiza la evaluación diagnostica respecto a los sistemas de clasificación climática	Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. Habilidades de investigación.	8 –8=16 Hrs

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 23 de 29

	características climáticas de al menos tres regiones del país, interpretadas de acuerdo a los tipos de clasificación 3. El estudiante será capaz de Elaborar un CUADRO COMPARATIVO listado y un comparativo por Entidad federativa de los climas que estos tienen. De acuerdo con lo establecido en la Clasificación climática de la UNESCO-FAO y la Clasificación climática de Koppen modificado por Enriqueta Garcia.	4. Propiciar la búsqueda en distintas fuentes para realizar las características de los diferentes tipos de clasificación y su ventaja y desventaja. 5. Se propiciará con clase magistral en relación a la clasificación climática de la UNESCO-FAO, 6. Mediante un comparativo por ejemplos se planteara la clasificación climática de Koppen modificado por Enriqueta Garcia, en las diferentes estados del país		
--	---	--	--	--

Indicadores de alcance

INDICADORES DE ALCANCE	VALOR DEL INDICADOR
A. Es capaz de adaptarse a situaciones y contextos complejos	5
B. Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas	4
C. Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).	6
	5

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: 0
		Página 24 de 29

D. Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo, el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio).	5
E. Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje	5
F. Realiza su trabajo de manera Autónoma y Autorregulada.	

Niveles de desempeño:

DESEMPEÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO	INDICADORES DE ALCANCE	VALORACIÓN NUMÉRICA
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple al menos cinco de los siguientes indicadores a) Se adapta a situaciones y contextos complejos. Puede trabajar en equipo, reflejar sus conocimientos en la interpretación de la realidad. Inferir comportamientos o consecuencias de los fenómenos o problemas en estudio. Incluir más variables en dichos casos de estudio. b) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas. Pregunta integrando conocimientos de otras asignaturas o de casos anteriores de la misma asignatura. Presenta otros puntos de vista que complementan al presentado en la clase. Presenta fuentes de información adicionales (Internet,	95-100

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Página 25 de 29

		documentales), usa más bibliografía, consulta fuentes en un segundo idioma, etc. c) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase(creatividad). Ante problemas o casos de estudio propone perspectivas diferentes, para abordarlos y sustentarlos correctamente. Aplica procedimientos aprendidos en otra asignatura o contexto para el problema que se está resolviendo. d) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico; (por ejemplo, el uso de las tecnologías de la información estableciendo previamente un criterio). Ante temas de una asignatura, introduce cuestionamientos de tipo ético, ecológico, histórico, político, económico, etc.; que deben tomarse en cuenta para comprender mejor, o a futuro dicho tema. Se apoya en foros, autores, bibliografía, documentales, etc. para sustentar su punto de vista. e) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje. En el desarrollo de los temas de la asignatura, incorpora conocimientos y actividades	
--	--	---	--

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: O
		Página 26 de 29

		desarrollados en otras asignaturas para lograr la competencia. f) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada. Es capaz de organizar su tiempo y trabajar sin necesidad de una supervisión estrecha y/o coercitiva. Aprovecha la planeación de la asignatura presentada por el (la) profesor(a) (instrumentación didáctica) para presentar propuestas de mejora de la temática vista durante el curso. Realiza actividades de investigación para participar activamente durante el curso.	
	Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	75-84
	Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y Actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente.	NA

Matriz de evaluación:

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales		Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1		Revisión: 0
			Página 27 de 29

EVIDENCIA DE APRENDIZAJE	% (70%)	INDICADOR DE ALCANCE / 30%						EVALUACIÓN FORMATIVA DE LA COMPETENCIA
		A	B	C	D	E	F	
Investigación	20	2	2				2	Rubrica
Mapa mental	30			3	3	3		Rubrica
Cuadro comparativo	30	3		3			3	Rubrica
EXAMEN	20		2		2	2		Rubrica
	Total	5	4	6	5	5	5	100%

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales	Código: TecNM-AC-PO-003-02
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1	Revisión: O
		Página 28 de 29

Fuentes de información y apoyo didáctico:

Aguilera C., M. & Martínez E R. (1985). Relación Agua, Suelo, Planta Atmósfera, (3ª Ed). México: Universidad Autónoma Chapingo, Dpto. de Irrigación. Álvarez A. V. (1992). Compendio de apuntes de meteorología agrícola. México: Universidad Autónoma de Chapingo, Dpto. de Preparatoria Agrícola. Castro Z., R. & Arteaga R.R. (1993). Introducción a la meteorología. México: Universidad Autónoma Chapingo. De Fina, A. & Ravelo A. (1975). Climatología y fenología agrícola. (2ª Ed). Buenos Aires, Argentina. FAO. (1981). Report on Agro-ecological Zones Project. Vol. 3. Methodology and results for South and Central America World Soil Resources Report 48/3. Rome. Fuentes Y., J. (2000). Introducción a la meteorología y a la climatología, Madrid, España: Mundiprensa García E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köopen, México: Offset Larios S.A. Gómez M., S.B. & Arteaga R (1987). Elementos básicos para el manejo de instrumental meteorológico. México: CECSA.	Pintarrón y marcadores Cañón de proyección Computadora con conexión a internet Salón acondicionado para proyecciones Sitios Web: Instituto Nacional de Estadística y Censo: https://www.inec.gob.pa/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): https://www.inegi.org.mx/ Sistema Meteorológico Nacional: https://smn.conagua.gob.mx/es/ Organización Meteorologica Mundial: https://cloudatlas.wmo.int/es/meteorological-definition-of-a-meteor.html
--	---

	Instrumentación Didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales										Código: TecNM-AC-PO-003-02						
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015: 8.1, 8.2.2, 8.5.1										Revisión: 0						
											Página 29 de 29						

1. Calendarización de evaluación en semanas

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	N
TP	ED/T1/EF	T1/EF	T1/EF	T1/EF	T2/EF	T2/EF	T2/EF	T2/EF	T3/EF	T3/EF	T3/EF	T3/EF	T3/EF	T4/EF	T4/EF	T4/ES	
TR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SD					27-29/02/2024				10-12/04/2024				06 – 07/05/2024			03-07/jun/2024	

TP=tiempo planeado

TR=tiempo real

SD=seguimiento

ED=evaluación diagnóstica

EFn=evaluación formativa (competencia específica n)

ES=evaluación sumativa

Fecha de elaboración:

Jorge Luis López Vargas

Norma Alicia Macías Rodríguez