



INTRODUCCION A LA AGROMETEOROLOGIA

Módulo IV

AMADO ORDOÑEZ MEJIA
Centro Humboldt



Contenido General del Módulo

- **Introducción** a la Agrometeorología
- **Capítulo I:** El Suelo desde la Perspectiva de la Agrometeorología
- **Capítulo II:** Radiación Solar y la Agrometeorología
- **Capítulo III:** Humedad de la Atmósfera y del Suelo
- **Capítulo IV:** Temperatura del Aire y la Agrometeorología

Introducción a la Agrometeorología

La Agrometeorología. Sus objetivos e importancia

- Agrometeorología - Biología moderna. Sistemas vivientes y su medio ambiente, unidad con caracteres interdependientes.
- Agrometeorología trata las características físicas del medio ambiente atmosférico y del suelo y su interrelación con el desarrollo de las plantas y los animales.

Objetivo Agricultura	Objetivo de la Agrometeorología
Estudio del cultivo de las plantas, así como sus necesidades de carácter meteorológico y climático	Estudiar los aspectos físicos y biológicos del medio ambiente, en relación con el nacimiento, crecimiento, desarrollo y muerte, de las plantas y los animales

Introducción a la Agrometeorología

Tareas de la Agrometeorología:

- Estudiar la capa atmosférica próxima al suelo, estado y procesos físicos, su interrelación con el suelo y la influencia en el desarrollo de las plantas.
- Encontrar métodos que influyan en el clima y el estado físico de la atmosfera para combatir condiciones desfavorables. Caso contrario, la ACC.
- Desarrollar nuevos métodos para los cultivos de plantas y la crianza de animales
- Perfeccionamiento de períodos y condiciones de siembra, adaptación de plantas y animales ante el cambio Climático.
- Desarrollar diferentes sistemas para la delimitación de zonas agroclimáticas.
- Utilizar racionalmente el suelo y el clima de un territorio determinado.

División de Agrometeorología:

- Fitometeorología, que es la meteorología aplicada a cultivos, plantas (incluye silvestres).
- Zoometeorología, que es la meteorología aplicada a la crianza de animales

Introducción a la Agrometeorología

Variables o elementos meteorológicos y la importancia de la red de estaciones de observación

- Las variables meteorológicas, son las propiedades siempre en cambio progresivo y regresivo, de las masas de aire de la atmósfera.
- Las variables meteorológicas más relevantes: **1)** Radiación solar, **2)** temperatura, **3)** nubosidad, **4)** humedad atmosférica relativa, **5)** viento, **6)** insolación o brillo solar, **7)** evaporación, **8)** presión atmosférica, **9)** precipitación pluvial y **10)** temperatura del aire del suelo.
- Los instrumentos que se utilizan para la evaluación de las variables meteorológicas se sitúan en estaciones de observación meteorológica y puestos fenológicos (Red).

Introducción a la Agrometeorología

Breve Reseña Histórica de la Agrometeorología

- Desarrollo de la Agrometeorología - Meteorología.
- Las primeras observaciones meteorológicas con instrumentos en la antigua Grecia (Siglo V (AC). Aristóteles, 350 años AC., escribió trabajo "Meteorología".
- Se atribuyen a esa época el invento del pluviómetro y de la veleta, así como el comienzo de la entrega de informaciones sobre el tiempo.
- Pasos claves la invención del termómetro por Galileo (1593), barómetro por Torricelli (1644).
- La Agrometeorología en Nicaragua tiene un desarrollo incipiente y en la actualidad, existe la preocupación por desarrollarla (Cambio Climático).

Cap. I: El Suelo - Perspectiva Agrometeorología



Cap. I: El Suelo - Perspectiva Agrometeorología

Importancia Biológica y Agrícola del Suelo

- Suelo capa superficial de la litosfera, partículas minerales y orgánicas, donde viven plantas, animales y microorganismos. Por su origen y dinámica, tienen mayor o menor profundidad, composición química y propiedades físicas distintas.
- La importancia biológica - dinámica, numerosos y complejos procesos físicos, químicos y biológicos, continuo desarrollo.
- La importancia agrícola - capa en la que germinan las semillas, se desarrollan las raíces, se asientan las plantas y se almacenan parte de alimentos para la vida vegetal.
- Los microorganismos claves en los suelos, contribuyen a la reposición de sus componentes solubles, particularmente de nitratos. Conversión continúa de sustancias desde formas insolubles y no asimilables a soluciones asimilables por la planta.
- Los nitrificadores oxidan el amoníaco y lo convierten en nitritos y después en nitratos, que son necesarios en la nutrición de las plantas.
- Los nitro fijadores obtienen el nitrógeno de la atmósfera y forman compuestos nitrogenados asimilados por las plantas.

Cap. I: El Suelo - Perspectiva Agrometeorología

Composición del aire del suelo

- ▶ La composición del aire del suelo no es tan constante como en la atmósfera libre. En el suelo, los componentes principales del aire son: nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono.
- ▶ En el suelo se efectúan continuamente procesos de absorción de oxígeno y nitrógeno por las bacterias.
- ▶ El dióxido de carbono se forma continuamente por descomposición de los residuos orgánicos. La intensidad y la cantidad de CO₂ dependen de la temperatura y la humedad del suelo. A mayor temperatura y humedad, más intenso será el proceso de descomposición y mayor cantidad de dióxido de carbono.

COMPOSICIÓN DEL AIRE DEL SUELO	
Gas	Límites de variación (% del volumen)
Nitrógeno	de 78 a 87
Oxígeno	de 10 a 20
Dióxido de carbono	de 0,01 a 12

Cap. I: El Suelo - Perspectiva Agrometeorología

Intercambio de gases entre el aire del suelo y el aire atmosférico

- **Oscilaciones de la presión atmosférica** (baja, parte del aire del suelo pasa a la atmósfera libre; alta, el aire de la atmósfera libre penetra en el suelo).
- **El viento.** Según la pendiente del suelo, el viento comprime o expande el aire del suelo (fenómenos de compresión y succión).
- **Influencia térmica de la radiación solar** (calienta suelo y aire, desarrolla movimientos verticales en la atmósfera).
- **El agua de lluvia** (llena poros y expulsa aire; evaporación, infiltración el aire ocupa espacios libres).
- La intensidad del intercambio de gases depende en gran medida de la **estructura del suelo**

Cap. I: El Suelo - Perspectiva Agrometeorología

Importancia agrícola de los componentes del aire

- ▶ **El nitrógeno** fijado por bacterias sufre transformaciones y pasa por las formas de amoníaco, ácido nitroso y ácido nítrico; estos dos últimos, al combinarse con los minerales del suelo, forman sales minerales como el nitrato de potasio, que es un nutriente nitrogenado esencial para las plantas.
- ▶ **El oxígeno**, como componente más importante del aire, interviene en los procesos de respiración, combustión y descomposición orgánica. Es utilizado por todas las células, tanto vegetales como animales, y su carencia es fatal para la vida en general.
- ▶ **El dióxido de carbono** vital en los procesos fisiológicos de las plantas. A mayor concentración en proximidades de las plantas, aumenta la intensidad de la fotosíntesis, mejor crecimiento y mayores rendimientos.
- ▶ El CO₂ es producido constantemente durante la respiración y absorbido en la fotosíntesis.
- ▶ El CO₂ facilita el paso de la energía solar y dificulta el paso de la radiación terrestre de onda larga (GEI)

Cap. I: El Suelo - Perspectiva Agrometeorología

Régimen térmico del suelo

- Temperatura del suelo - temperatura atmosférica, varían durante el día (máxima, mínima y media).
- El régimen térmico está dado por su capacidad calórica y su conductividad térmica.
- **La capacidad calórica** (cantidad de calor para elevar 1°C la temperatura de 1 cm³ de suelo)
- **La conductividad térmica** (cantidad de calor que se transfiere a través de una capa de suelo de 1 cm² de área y 1 cm de espesor, con una diferencia de temperatura de 1° C entre ambos lados de la capa).

Tipo de Suelo	Profundidad (Cm)			
	5	10	15	20
Mineralizado (T en °C)	15.3	13.2	12.1	10.0
Ciénaga Turbosa	11.1	10.1	9.0	8.3
Diferencia de Temperatura (°C)	4.2	3.1	3.3	1.7

Cap. I: El Suelo - Perspectiva Agrometeorología

Significación agrícola de la temperatura del suelo

- En el crecimiento de las plantas, requieren una cantidad determinada de calor, para un rendimiento óptimo. Infiuye en el desarrollo del sistema radical y en la actividad de las bacterias del suelo.
- La temperatura del suelo clave en la etapa de germinación, que es cuando la relación entre la temperatura del suelo y los procesos vitales es más notable. El flujo de calor, en el suelo, puede ser de carácter positivo o negativo, lo cual depende de la dirección que presente(hacia la superficie o hacia las capas profundas)
- Las disminuciones graduales de las temperaturas del suelo y el aire, hacen posible que las plantas sinteticen los carbohidratos y se desarrollen con considerable vigor. Las disminuciones bruscas de temperatura disminuyen el vigor de las plantas

Temperatura para Germinación de Semillas

Plantas	Temperatura (°C)		
	Mínima	Óptima	Máxima
Girasol	5 a 10	31 a 37	37 a 44
Calabazas	10 a 15	37 a 44	44 a 50
Melón	15 a 18	31 a 37	44 a 50

Cap. I: El Suelo - Perspectiva Agrometeorología

Fuentes de Calor

- ▶ El balance térmico cambia continuamente, unas veces aumentando y otras veces disminuyendo (procesos físicos). El flujo de calor, puede ser de positivo (hacia superficie) o negativo (hacia capas profundas)
- ▶ La superficie terrestre recibe energía: Radiación solar directa (**S**); Radiación solar difusa (**Rd**); Contraemisión por la atmósfera (**Ea**); Flujo de calor desde las capas más profundas (**Sp**); Calor latente de vaporización, liberado cuando el vapor de agua se condensa en el suelo (**Cv**); Calor liberado por la actividad de las sustancias radiactivas en la corteza terrestre (**R**).
- ▶ La superficie terrestre pierde energía: Reflexión de una parte de la radiación solar directa, reflejada y difusa (**Re**); Pérdidas de calor por evaporación (**Ev**); Gasto de calor en el calentamiento de las capas adyacentes del aire (**T**); Transferencia de parte del calor a las capas más profundas del suelo (**P**); Emisión de calor en forma de ondas de radiación largas (**Em**).
- ▶ La afluencia total **A = S + Rd + Ea + Sp + Cv + R**.
- ▶ La efluencia de calor **Ef := Re + Ev + T + P + Em**.

Cap. I: El Suelo - Perspectiva Agrometeorología

Régimen de temperatura de la capa superficial del Suelo

- La influencia de la radiación solar, tiene una periodicidad diaria y anual, debida al movimiento de la Tierra sobre su eje y alrededor del Sol
- La curva de la distribución de la temperatura del suelo alcanza un valor máximo durante las horas diurnas, a la 1:00 p.m. aproximadamente, y un valor mínimo inmediatamente después de la salida del Sol.
- En la distribución anual los valores máximos y mínimos de la temperatura de la superficie del suelo, tienen lugar generalmente en julio y enero.
- Influencia de las cubiertas vegetales no boscosa y boscosa sobre el régimen término del suelo
- La temperatura media anual del suelo y la amplitud de las oscilaciones anuales, es menor en terrenos boscosos
- Régimen térmico de la superficie de los suelos según su inclinación y orientación.

Cap. II. Radiación Solar y la Agrometeorología



Cap. II. Radiación Solar y la Agrometeorología

La radiación solar como fuente de energía para las plantas

- ▶ La radiación solar es fuente de energía en los procesos biológicos, imprescindible para la vida de plantas y animales.
- ▶ Al incidir la luz, la planta produce clorofila, y entonces estos plastidios toman una coloración verde, transformándose en cloroplastos.
- ▶ Por la acción de la luz en presencia de la clorofila y otros pigmentos, del dióxido de carbono de la atmósfera y del agua, tiene lugar en las plantas la fotosíntesis.
- ▶ Los rayos solares calientan fuertemente las hojas, las cuales evitan su recalentamiento mediante la transpiración.
- ▶ La radiación solar regula el desarrollo normal de los tejidos de las plantas; cuando la radiación solar es insuficiente, el desarrollo de los tejidos es pobre, afectando a la planta y su productividad en general.
- ▶ La radiación solar se mide en calorías por centímetro cuadrado por unidad de tiempo, que puede ser un día ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{día}$). Puede ser directa o difusa.

Cap. II. Radiación Solar y la Agrometeorología

Influencia de la radiación solar en el crecimiento de las plantas y los animales

- La acción de Rayos Solares: división y crecimiento células, respiración y nutrición.
- **Fototropismo:** Inclinação de plantas en diferentes direcciones según iluminación. Positivo cuando crece hacia la luz, y negativo, cuando alguno de sus órganos (ej. Raíz), crece en sentido contrario.
- Las plantas son muy sensibles a la duración relativa del día y la noche, reacción que se conoce con el nombre de **fotoperiodismo**.
- **Plantas de día corto:** Florecen cuando la duración de la luz solar es inferior a valor crítico (frijol, arroz, girasol, maíz, tabaco, algodón, pepino, café y cítricos).
- **Plantas de día largo:** Estas florecen cuando el período de iluminación es superior a valor específico (trigo, col, zanahoria, cebolla común, ajo, rábano, tomate, pimiento y calabaza).
- **Plantas indiferentes al fotoperíodo:** Son las que florecen indistintamente en períodos de diferente duración.

Cap. III. Humedad de la Atmósfera y del Suelo



Cap. III. Humedad de la Atmósfera y del Suelo

Evaporación desde la Superficie Terrestre y desde las plantas

- El vapor de agua en la atmósfera (evaporación desde la superficie terrestre y transpiración de las plantas).
- **Transpiración:** Agua absorbida desde el suelo por sistema radicular y evaporada por las hojas.
- Factores: Estado, el color, la composición química y mecánica de los suelos; presencia o ausencia de cubierta vegetal, el grado de humedad relativa y elementos meteorológicos (viento, la temperatura del aire, la radiación solar, la temperatura del suelo, la presión atmosférica).
- Significados: 1) El agua succionada desde el suelo (disolución de diferentes sales minerales) y 2) Las plantas al transpirar el agua (día), regulan la temperatura de su superficie y se protegen del recalentamiento
- La transpiración depende de la naturaleza, la variedad, las condiciones y el estado de desarrollo de las plantas y condiciones meteorológicas locales

Cap. III. Humedad de la Atmósfera y del Suelo

Humedad del suelo, flujo sobre tierra y condensación del vapor de agua en el aire del suelo

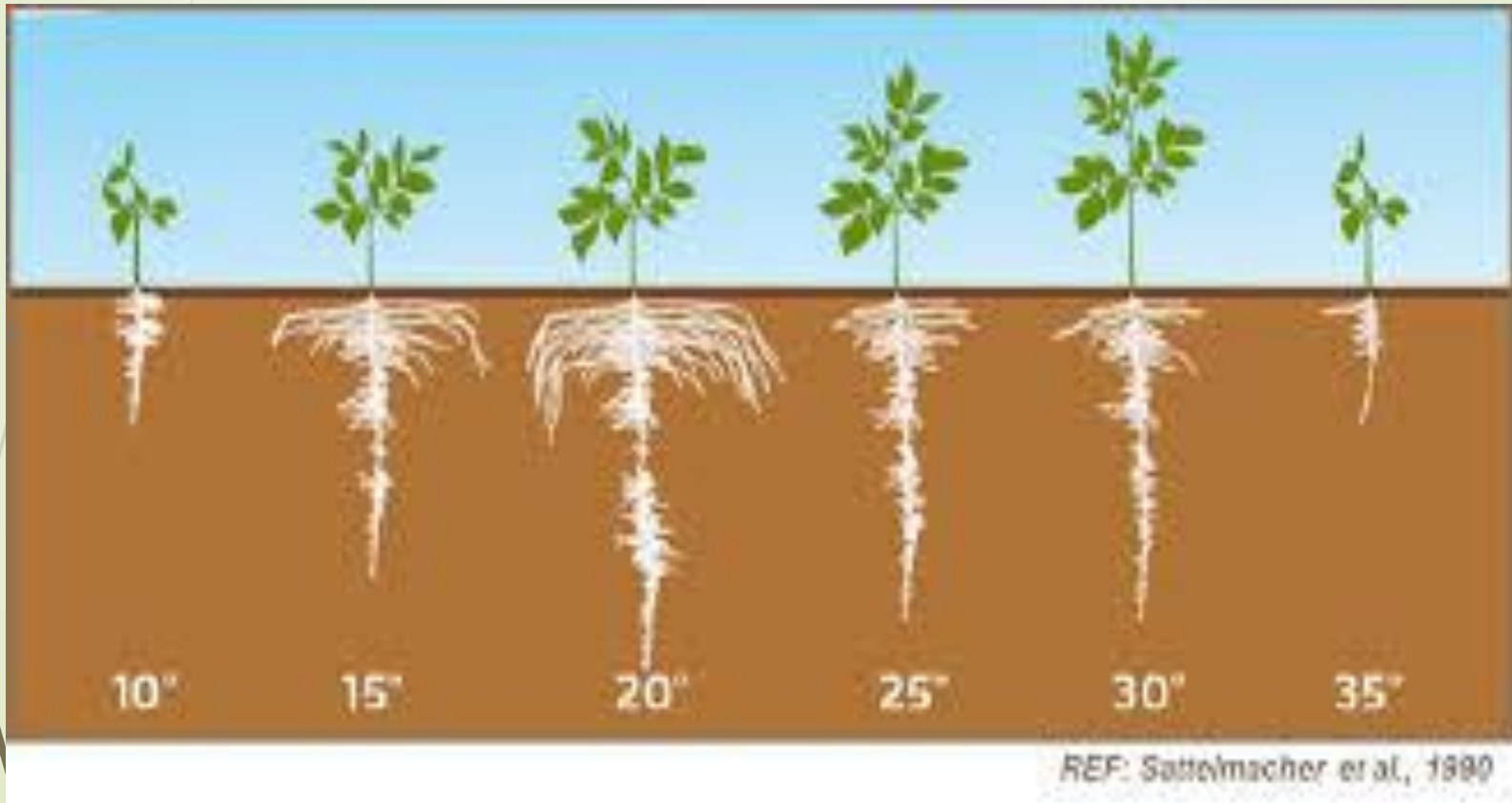
- ▶ Las fuentes principales de la humedad del suelo son: la lluvia, la condensación del vapor de agua en el aire del suelo y el agua subterránea.
- ▶ El agua de lluvia penetra en el suelo por medio del proceso denominado **infiltración** (estructura del suelo y del relieve).
- ▶ Para determinar el balance hídrico del suelo, es necesario medir su componente más importante, el flujo sobre tierra.

P2 - P3

H = ----- x 100

P3 - P1

Cap. IV. Temperatura del Aire y la Agrometeorología



Cap. IV. Temperatura del Aire y la Agrometeorología

La temperatura controla el crecimiento de las plantas, las etapas de su desarrollo y el rendimiento de los cultivos.

- Organismos que soportan variaciones amplias de temperatura, pero no las temperaturas extremas. Cuando la temperatura sube o baja demasiado, se ven obligados a emigrar o a perecer
- Una de las adaptaciones especiales hacer las variaciones extremas de la temperatura, es el **letargo**, el cual durante el invierno recibe el nombre de **hibernación** y durante el verano, **estivación**
- + Temperatura + la intensidad del crecimiento de las plantas: - temperaturas bajas crecimiento o mueren
- Un procedimiento para hacer frente a las temperaturas excesivamente bajas o altas son las migraciones térmicas (las formas locomotoras)
- La cubierta vegetal influye en la temperatura del aire cercana al suelo. La cubierta recibe la radiación solar directa y difusa; parte de esta energía es para fotosíntesis, respiración y transpiración, y otra parte para calentamiento del suelo y del aire

Cap. IV. Temperatura del Aire y la Agrometeorología

La temperatura en la capa de aire adyacente al suelo

- ▶ Para la agricultura la capa de aire más importante es la que se extiende desde el suelo hasta una altura de 2 m aproximadamente (capa del medio aéreo de los procesos vitales de la mayor parte de plantas y animales).
- ▶ Esta capa de aire presenta gradientes verticales de todos los elementos meteorológicos, especialmente el de la temperatura del aire.
- ▶ La amplitud de la oscilación diaria de la temperatura es inferior en los bosques que en los campos contiguos abiertos.
- ▶ Después de la salida del Sol, la temperatura mínima en la parte más espesa de las copas de los árboles, y la temperatura máxima en la parte más baja. Después comienza a calentarse el aire en el nivel de las copas, y en las horas del mediodía, se registra en ellas el valor máximo, mientras que por debajo la temperatura descende y se crea un estado estable que ocasiona la **frialdad prolongada**.

Cap. IV. Temperatura del Aire y la Agrometeorología

Las plantas y la suma de temperaturas

- Un método de análisis térmico es **suma de las temperaturas** (medias positivas diarias durante un Intervalo de tiempo dado).
- Las plantas inician sus procesos vitales de 5 a 10°C, a la suma se le denomina suma de **temperaturas efectivas**.
- Este modo evalúa necesidades de calor de las plantas, y resolver problemas científicos y prácticos en la agricultura (**delimitación de las zonas agroclimáticas**).
- La suma de las temperaturas requerida por las plantas también depende del clima local.
- Las plantas (fases fenológicas) requieren cierta distribución de la temperatura durante el periodo de crecimiento y desarrollo, además de necesitar cierta suma de las temperaturas.
- Dos sumas iguales de temperatura pueden ser el resultado de la suma de temperaturas medias muy disímiles.

MUCHAS GRACIAS



AMADO ORDOÑEZ MEJIA

amado@Humboldt.org.ni