

MANEJO E INTERPRETACIÓN DE VARIABLES DEL CLIMA Y DE AGROMETEOROLOGÍA

desde la finca
del agricultor, ante
los efectos de la ola
invernal



Convenio SENA - SAC No.00086 de 2011

Septiembre de 2011



© MANEJO E INTERPRETACIÓN DE VARIABLES
DEL CLIMA Y DE AGROMETEOROLOGÍA
desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

Autor

Héctor Fabio Mafla Ch.
Delsa Moreno Cepero
Grupo de agrometeorología IDEAM

Revisión editorial

Luisa Fernanda Santiago

Diseño

Javier Enrique Nieto Díaz

ISBN:

Primera edición:

Tiraje:

Producción editorial:

Diagramación, impresión y encuadernación



www.produmédios.org

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

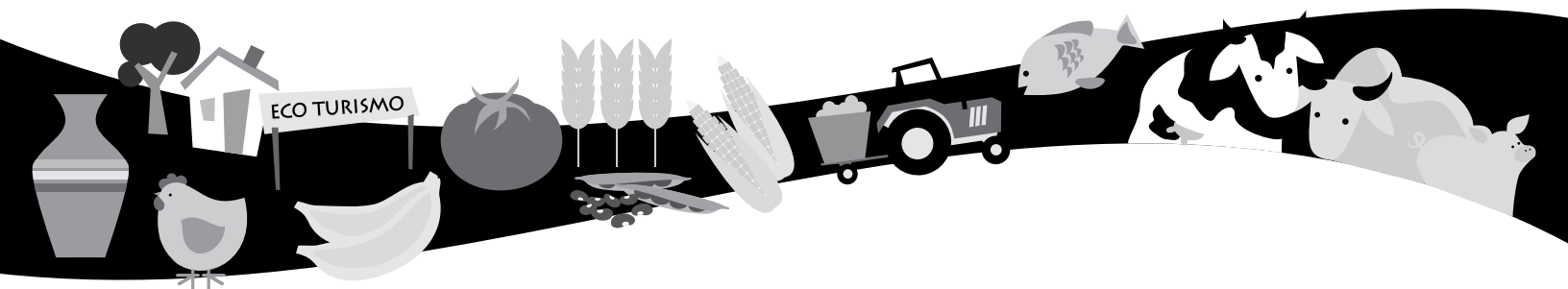


Tabla de contenido

PRESENTACIÓN	5
CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE AGROMETEOROLOGÍA	7
1.1. Elementos que participan en el comportamiento del tiempo y del clima	8
1.1.1 La atmósfera	8
1.1.2 El sol y la radiación solar	9
1.1.3 Temperatura del suelo y del aire	10
1.1.4 El agua en la atmósfera	13
1.1.5 El viento	13
1.2 Fenómenos de variabilidad climática que pueden afectar los cultivos en fincas campesinas	14
1.2.1 Fenómenos El Niño y La Niña	14
1.2.2 ¿Cómo se desarrolla el fenómeno El Niño?	16
1.2.3 ¿Cómo se desarrolla el fenómeno La Niña?	17
1.3 Opciones para reducir la vulnerabilidad y enfrentar El Niño en las fincas	17
1.3.1 Cosecha de agua	17
1.3.2 Sistemas de riego	22
1.4 Opciones para reducir la vulnerabilidad y enfrentar La Niña desde la finca del productor	23
CAPÍTULO 2. MEDICIONES DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS	26
2.1 Riesgo Climático	26
2.2 Definición de Riesgo	26

CAPITULO 3. ELEMENTOS SUCEPTIBLES DE OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN DESDE LA FINCA DEL PRODUCTOR PARA EVALUAR EL RIESGO CLIMÁTICO	29
3.1 Estado del cultivo	29
3.2 Precipitación o llluvias	30
3.3 Temperaturas máximas y mínimas	31
3.4 Presencia de plagas y enfermedades	32
REFLEXIONES AMBIENTALES A CONSIDERAR DESDE LA FINCA DEL PRODUCTOR	33

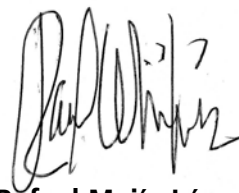
Presentación

El convenio entre el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA y la Sociedad de Agricultores de Colombia- SAC No. 00086 de 2011 ha desarrollado el programa de capacitación teórico práctico "Manejo e interpretación de variables del clima y de agro-meteorología desde la finca del agricultor" dirigido a gremios locales, y personas del sector agropecuario en 12 zonas agroproductivas del País.

El Convenio SENA – SAC cuenta con el apoyo técnico del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM en el desarrollo de este Programa, que tiene el objetivo de transmitir conocimientos generales sobre el clima para que productores agropecuarios puedan interpretar elementos básicos como: temperatura, radiación solar, precipitación y vientos, que pueden influir directa o indirectamente en el desarrollo de los cultivos.

La estrategia de capacitación comprende ejercicios participativos para aplicar e interpretar la medición de variables climáticas con demostraciones de medición con pluviómetros para que los productores puedan llevar estas técnicas a su práctica productiva.

El material didáctico comprende los conceptos de la meteorología aplicada a la agricultura para que los productores utilicen estos elementos técnicos básicos que pueden ayudarles a tomar medidas preventivas ante los efectos de la variabilidad climática y de esta manera garantizar la competitividad productiva local.



Rafael Mejía López
Presidente

Sociedad de Agricultores de Colombia - SAC



CAPÍTULO I

CONCEPTOS BÁSICOS DE AGROMETEOROLOGÍA

El clima y el tiempo son conceptos básicos aplicados a la agrometeorología que influyen y garantizan el buen desempeño de cualquier proceso productivo, su conocimiento e interpretación garantizan que desde la finca del agricultor se puedan establecer medidas de prevención ante los efectos que ocasiona la ola invernal o la sequía.

Clima: es el conjunto de valores normales para una determinada región. Es decir el promedio a lo largo de muchísimos años, de temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitación, etc. Se refiere a un conjunto de condiciones duraderas. Existen elementos básicos que lo conforman y requieren conocer para entender cómo fluctúan las variables climáticas.

Tiempo: se refiere a las condiciones de temperatura, humedad, presión, etc. reinantes en un momento determinado. Estos valores suelen diferir de los normales.

El clima de cada región depende de una serie de factores: la latitud, los vientos dominantes (que pueden ser calientes o fríos, húmedos o secos), la altura sobre el nivel del mar, la orientación de la ladera, la cercanía del mar, las corrientes marinas frías o cálidas, la vegetación, etc. Estos factores se relacionan entre sí y determinan la temperatura, la humedad y las posibilidades de vida de una región.

Las tierras cercanas al ecuador son calientes porque reciben más directamente las radiaciones del sol. Algunas son húmedas porque las atraviesan vientos cálidos y húmedos que traen las lluvias. Otras tienen un clima desértico: en ellas se originan vientos calientes y secos, que producen cielos despejados y pocas lluvias. En algunas laderas de montaña, las lluvias se concentran en pocos meses del año, permitiendo el desarrollo de cultivos de corta duración, a su vez, el clima es un factor determinante en la formación del suelo.



1.1 Elementos que participan en el comportamiento del tiempo y del clima

Los elementos más importantes a considerar para el sector agropecuario son:

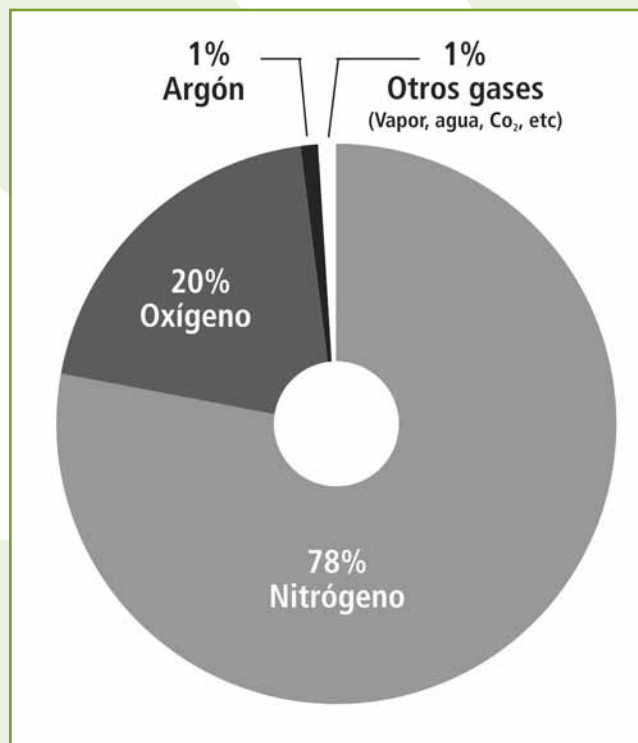
- a) La atmósfera
- b) El sol y la radiación solar
- c) La temperatura del suelo y del aire
- d) El agua en la atmósfera
- e) El viento

1.1.1 La atmósfera

La atmósfera es la capa de aire que rodea la tierra. La atmósfera está compuesta por:

- a) Aire
- b) Nubes
- c) Material particulado

En esta capa se desarrollan todos los procesos que caracterizan el tiempo atmosférico y el clima de una región determinada y que condicionan la vida de los seres, humanos, plantas y animales en la tierra.





1.1.2 El sol y la radiación solar

La principal fuente de energía de casi todos los procesos atmosféricos es la energía radiada por el sol hacia la tierra. La radiación es el motor que mueve todos los procesos de vida en las plantas y los animales. Esta energía no se encuentra distribuida por igual en la superficie terrestre. Depende de múltiples variables tales como el tipo de cobertura de la tierra, la nubosidad, los vientos etc.

La radiación influye en los más variados aspectos de la vida de las plantas: germinación, fotosíntesis, respiración, transpiración y, en general, sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo.

En general, todo cuerpo con temperatura superior al cero absoluto, emite radiación. Por tanto la superficie terrestre y las plantas también emiten radiación, pero con otras características.

La luz es una parte de las radiaciones que proceden del sol. El resto de las radiaciones es invisible, pero influye en el clima (por ejemplo, las que nos brindan calor). No toda la luz del sol llega a la superficie de la Tierra. Parte es reflejada por las nubes (alrededor del 60%). Por esta razón, los días nublados son más oscuros que los soleados. Otra parte es dispersada y absorbida por las partículas de polvo presentes en las capas inferiores de la atmósfera. La cantidad de radiación solar que recibe el suelo se llama insolación. La luz es indispensable para que las plantas verdes realicen la fotosíntesis.

Proceso de fotosíntesis

La radiación juega papel primordial en el desarrollo y crecimiento de las plantas, gracias a su participación en los procesos de fotosíntesis.

La fotosíntesis es un proceso que transforma la energía de la luz del sol en energía química. Consiste básicamente, en la elaboración de azúcares a partir de CO_2 (dióxido de carbono), minerales y agua, en presencia de la luz solar.





El efecto en las plantas podría traducirse en lo siguiente: a mayor radiación, gracias a la fotosíntesis, habrá mayor producción de carbohidratos y por lo tanto, mayor desarrollo de las plantas.

1.1.3 Temperatura del suelo y del aire

La radiación solar al pasar a través de la atmósfera es absorbida solo en una muy baja proporción por el aire. Por el contrario, la superficie terrestre y la vegetación, así como los cuerpos de agua, absorben la mayor parte de esta radiación transformándola en energía térmica.

Del suelo, el calor se difunde a las capas interiores por conducción molecular, y al aire adyacente mediante procesos tales como la condensación y la evaporación del vapor de agua sobre la superficie. Sin embargo, el principal aporte de calor al suelo lo constituye el balance de radiación: durante el día cuando este es positivo el suelo se calienta y durante la noche, cuando predomina la emisión terrestre y no hay energía solar, se enfría.

Para las plantas el calor del suelo es importante en procesos tales como la germinación. Con temperaturas del suelo muy bajas, el proceso de germinación puede ser muy prolongado o en casos extremos, puede suspenderse totalmente.

El balance de radiación durante la noche es negativo, es decir, como no existe calentamiento del sol, la tierra irradia durante toda la noche sin recibir aportes del sol. Esta irradiación enfría el suelo y por ello en la madrugada se dan temperaturas mínimas. Afortunadamente existen las nubes, que devuelven esta radiación hacia el suelo, impidiendo que este se enfríe demasiado.

La temperatura del aire tiene una influencia determinante en todos los procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo que ocurren en la parte aérea de la planta. Tales procesos en su mayoría se desarrollan entre los 0 y los 40°C. Las plantas requieren para su crecimiento que las temperaturas no presenten valores extremos máximos o mínimos. La velocidad de crecimiento está limitada por dos valores de temperatura: uno máximo y uno mínimo, fuera de los cuales cesa el crecimiento. De otra parte existe el valor óptimo, el cual se encuentra entre estos dos.



Ejercicio Práctico

Cómo llevar los registros de temperatura

El termómetro de máxima y mínima es de mercurio y se utiliza en meteorología para indicar las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas durante cierto tiempo.

El rango para las temperaturas máximas es de -30 a 50 °C y para las temperaturas mínimas es de -50 a 30 °C. Para medir estas temperaturas en un periodo de tiempo (se suelen tomar 24 horas).



En la foto vemos que el termómetro tiene dos escalas (dos columnas de mercurio), una Máxima y otra Mínima. Las escalas están invertidas, la Máxima aumenta de abajo arriba y la Mínima de arriba abajo, pero en las dos escalas las **temperaturas bajo cero** están señaladas por números de **color rojo**.

Cada escala tiene una barrita azul (es un cursor deslizante). El cursor se mueve empujado por la columna de mercurio.

El cursor azul (aguja azul) muestra en su parte inferior hasta donde llegó el mercurio. En el termómetro de la izquierda, la parte baja del cursor está frente a los 6°C. Hasta ahí lo llevó el mercurio cuando marcó la temperatura mínima del día (cuando baja la temperatura el mercurio sube por la columna de la izquierda

hacia los valores rojos y baja, en la de la columna de la derecha, también hacia valores rojos-bajo cero-).

En la parte derecha del termómetro, Máxima, la columna de mercurio llevó el cursor azul hasta los 25°C (la máxima alcanzada en el día). La temperatura del aire que rodeaba el termómetro en el momento de la foto era de 21° y puede verse que los señala los extremos de las dos columnas de mercurio (máxima y mínima).



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

Las lecturas son: $T_{\text{máx}} = 25^{\circ}$; $T_{\text{mín}} = 6^{\circ}$; $T_{\text{actual}} = 21^{\circ}$



Para poner el termómetro en disposición de registrar nuevas medidas debemos pulsar el botón central.

Al pulsar el botón central del termómetro, los cursores azules se desplazan hasta situarse en contacto con la columna de mercurio.

En la foto se ve la acción de pulsar para arrastrarlos desde sus posiciones de "recuerdo" hasta las posiciones de contacto con el mercurio. La parte baja de los cursores marcan la temperatura actual 21° al momento de la foto.

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA MÍNIMA	OBSERVACIÓN DEL PRODUCTOR DE INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL ESTADO DEL CULTIVO



1.1.4 El agua en la atmósfera

Las nubes

Las nubes se forman cuando el aire húmedo se eleva y enfría. El vapor de agua se condensa en pequeñas gotitas de agua o en cristales de hielo. Este proceso se origina cuando una zona cálida y húmeda de la superficie terrestre calienta el aire y crea una gran burbuja de aire cálido. Esta burbuja, menos densa en comparación al aire frío que la cubre, se eleva como un globo. A medida que asciende, el aire se expande y se enfría.

Cuando la burbuja de aire es demasiado densa y pesada para seguir ascendiendo a mayor altura, permanece en el cielo formando una nube.

La lluvia

Si las diminutas gotitas que flotan en el aire formando las nubes comienzan a unirse y se hacen lo suficientemente pesadas, caen en forma de lluvia. Cuando más espesas son las nubes, más crecen las gotas y más rápido caen. La lluvia es imprescindible para la vegetación. Los seres humanos la utilizamos para los cultivos, el consumo doméstico y las industrias.

1.1.5 El viento

Es un elemento muy importante para determinar el clima. Arrastra las nubes, seca la humedad de una zona y la acumula en otra, provoca tormentas y huracanes, contribuye a la evaporación en mares y lagos. La atmósfera es caliente en los trópicos y fría en las regiones polares. El aire al calentarse pierde densidad y se eleva. El espacio que dejan las masas cálidas que ascienden es ocupado por otras más densas y frías. De esta manera, por la diferencia de temperatura entre los trópicos y los polos, se crea la circulación de los vientos.

La geografía de cada región cambia las características locales de los vientos, creando variaciones que influyen en el clima y en los ecosistemas.

- En las zonas costeras la tierra se calienta durante el día, originando vientos que soplan hacia el mar, más frío. De noche, la tierra se enfría con más rapidez, y los vientos invierten su dirección.



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología

desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

- En las zonas de montaña, la dirección de los vientos locales puede cambiar durante el día y la noche. El calentamiento de las laderas por el sol origina vientos que ascienden y a veces provocan tormentas de truenos. El enfriamiento que se produce durante la noche produce vientos que descienden hacia el valle y ocasionan bolsones de frío que pueden perjudicar a los cultivos.
- En el océano Pacífico se forman nubes cargadas de humedad, que los vientos arrastran hacia el continente. Al llegar a la cordillera de los Andes, las nubes ascienden bruscamente, se condensan y llueve en la vertiente occidental. Cuando los vientos llegan al altiplano ya no transportan nubes, son vientos secos y fríos.

El viento influye sobre los seres vivos no sólo al determinar variaciones del clima, sino directamente, a través de una acción mecánica. Ayuda a los desplazamientos de las aves y dispersa las semillas contribuyendo a la propagación de muchas especies vegetales.

Pero el viento también puede actuar negativamente, al erosionar el suelo destruyendo la vida vegetal y animal y al aumentar el gasto de agua de las plantas. Para evitar que sus efectos negativos provoquen la reducción de las cosechas, conviene plantar cortinas rompevientos y setos vivos.

1.2 Fenómenos de variabilidad climática que pueden afectar los cultivos en fincas campesinas.

1.2.1 Fenómenos El Niño y La Niña

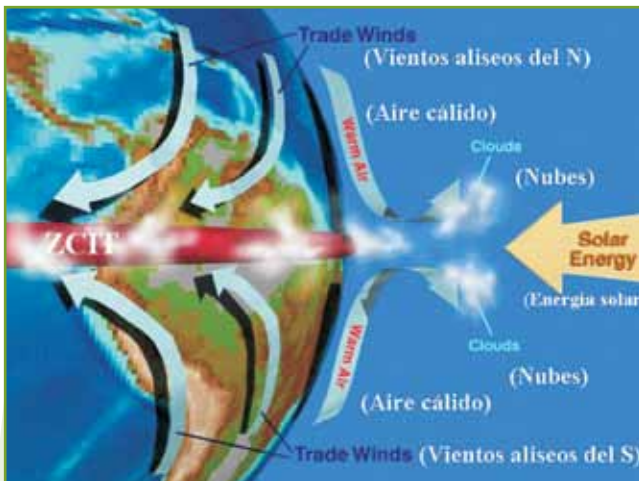
Según el IDEAM (2011)¹ el Ciclo conocido como El Niño y La Niña - Oscilación del Sur - ENOS, es la causa de la mayor señal de variabilidad climática en la franja tropical del océano Pacífico, en la escala interanual. El Niño y, su fase opuesta, La Niña son las componentes oceánicas del ENOS y corresponden, en términos generales, a la aparición de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) de lo normal en el Pacífico tropical central y oriental (frente a las costas del norte de Perú, el Ecuador y el sur de Colombia).

La componente atmosférica del ENOS, conocida con el nombre de la Oscilación del Sur, corresponde a la variación interanual del campo de presión atmosférica cerca de la superficie,

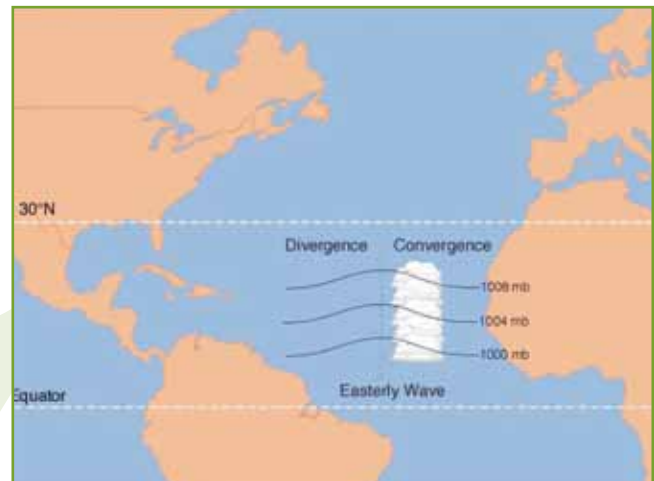


en la región del Pacífico centro-occidental. Durante algunos años la presión atmosférica en el Pacífico central es mayor que en el occidental, en otros años ocurre lo contrario; esta alternancia interanual de las anomalías positivas y negativas de la presión atmosférica ha sido comprobada mediante la correlación inversa y bien definida entre los valores de presión atmosférica en Tahití (isla localizada en el centro del Pacífico) y Darwin (nororiente de Australia).

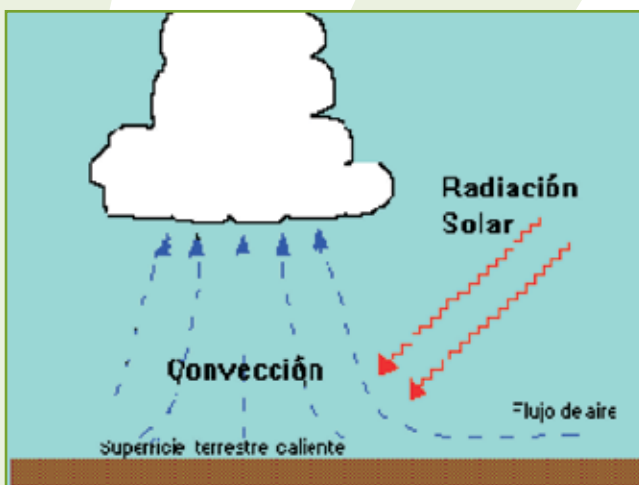
Los fenómenos del Ciclo ENOS son el resultado de la interacción entre el océano y la atmósfera en esta región oceánica; su ocurrencia produce fuertes perturbaciones sobre la circulación atmosférica global y sus efectos climáticos tienen dramáticas implicaciones socioeconómicas y ambientales en casi todo el planeta.



La zona de convergencia intertropical



Ondas del Este



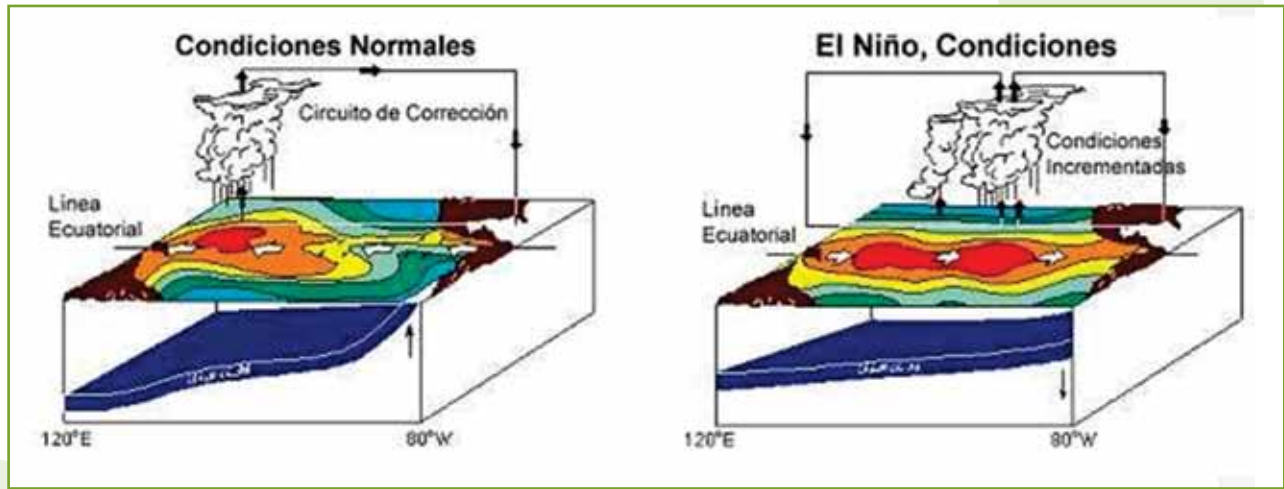
Proceso de convección



Lluvias orográficas

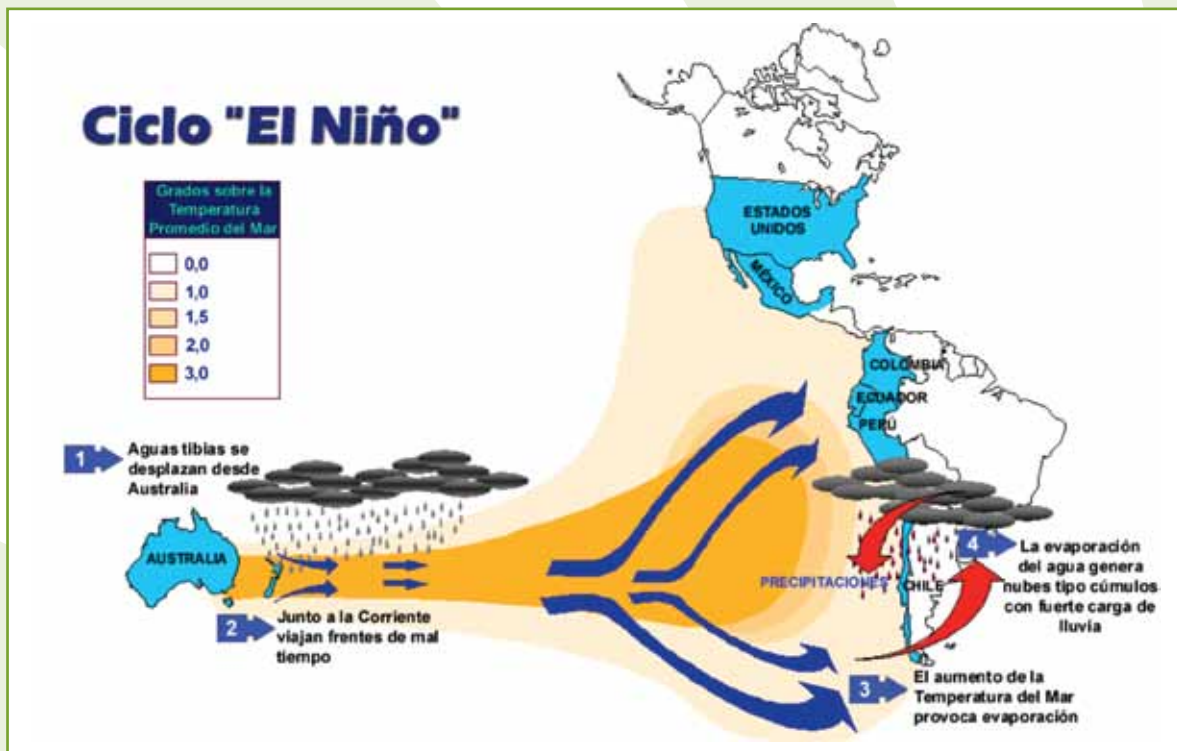


1.2.2 ¿Cómo se desarrolla el fenómeno El Niño?



Desarrollo del fenómeno El Niño.

El fenómeno se inicia en el Océano Pacífico tropical, cerca de Australia e Indonesia, alterándose con ello la presión atmosférica en zonas muy distantes entre sí, hay cambios en la dirección y en la velocidad de los vientos, así como el desplazamiento de las zonas de lluvia a la región tropical.



El ciclo del fenómeno El Niño.



1.2.3 ¿Cómo se desarrolla el fenómeno La Niña?

Según la comisión Colombiana del Océano² es estrictamente la expresión La Niña, también conocida como Anti-Niño, es el evento que presenta condiciones contrarias a El Niño. Consiste en un enfriamiento de las aguas del Pacífico Tropical Oriental. Este fenómeno se presenta una vez las condiciones que caracterizan a El Niño se van debilitando, y durante su manifestación, el comportamiento climático tiende a volver a su normalidad, pero en realidad cambia bruscamente tornándose ahora inverso con una intensidad considerable. La Niña cierra un ciclo completo que puede ir de dos a siete años.

1.3 Opciones para reducir la vulnerabilidad y enfrentar el “niño” en las fincas

Según el INAP (2011)³, se deben implementar prácticas que respondan a las predicciones del clima con alternativas de sistemas agroproductivos sostenibles que se adapten a los impactos del cambio climático global y a la variabilidad climática. Las tecnologías apropiadas y sostenibles seleccionadas para su implementación de manera pedagógica y participativa parten del análisis de las características del territorio y la identificación de áreas críticas de acuerdo con factores ambientales.

Unas de las opciones preventivas para afrontar desde la finca del productor el fenómeno El niño son:

- Cosecha de agua
- Construir reservorios
- Disponer de sistemas de riego

1.3.1 Cosecha de agua

Según el profesor Roberto Villalobos de la Universidad Nacional de Colombia⁴ (2011), la cosecha de agua se define como el proceso de recolectar y almacenar agua de lluvia, con el fin de darle un uso productivo.



2/ Vicepresidencia de la república (2011) en la comisión Colombiana del Océano, Bogotá DC.

3/ INAP (2011) Sistemas Agroforestales de Altura y Restauración Ecológica Participativa con Viabilidad Financiera como medidas de Adaptación y reducción de Vulnerabilidad a los Impactos del Cambio Climático Global. Bogotá DC.

4/ Universidad Nacional de Colombia (2011) Programa de manejo y uso eficiente del agua y saneamiento básico para el conjunto de veredas objetos de estudio, Proyecto INAP-IDEAM, Bogotá DC.



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología

desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

Red colectiva de cosecha de agua y reservorio de almacenamiento

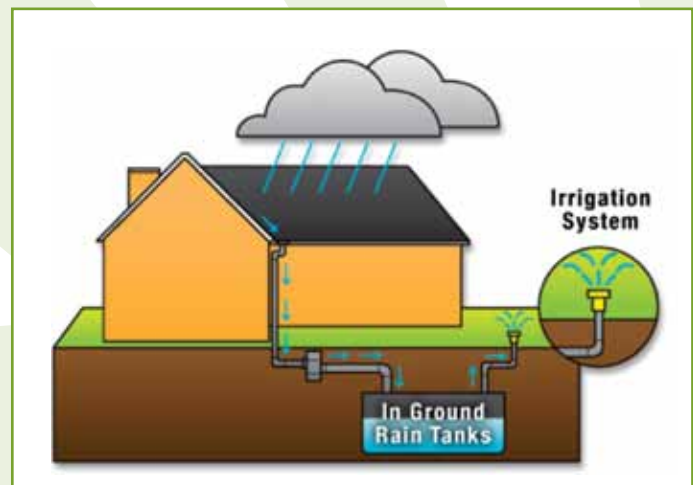
En la siguiente figura, se representa una red colectiva con una pequeña población constituida por un grupo de viviendas que cosechan el agua de la lluvia que cae sobre los techos. Cada casa posee su propio tanque, pero además envía los excedentes a pequeños tanques comunitarios. De allí el agua pasa a un tanque comunitario de mayor dimensión, para luego llevar los excedentes al tanque general de la población. En el esquema se propone además la posibilidad de alimentar o rehabilitar pozos de agua subterránea. En la figura de la derecha se presenta la fotografía de un reservorio de almacenamiento de aguas lluvias en Australia.



Red comunitaria de cosecha de agua (izq.) y reservorio de almacenamiento de la cosecha de agua lluvia (Australia). Fuente: <http://si-usa.org/projects/rainwater-harvesting/>

Alimentación de sistemas de riego predial

En ilustración se observa un esquema en el cual es posible cosechar las aguas lluvias aprovechando la cubierta de la vivienda, para luego almacenar el agua y usarla en época de verano para alimentar sistemas de riego a nivel predial. El dimensionamiento de los tanques subterráneos de almacenamiento está articulado con el comportamiento promedio de la precipitación, el área de cubierta de la vivienda y el área de cultivos a irrigar. En el esquema



Cosecha de aguas lluvias para sistema de riego predial.



propuesto se requeriría el empleo de una motobomba para presurizar el agua a través de la red de tuberías del sistema de riego.

Cosecha de aguas lluvias con tanques en ferrocemento

En muchas zonas del país las aguas superficiales se han agotado o están muy contaminadas, de ahí que adquiere gran importancia la captación y el manejo de las aguas lluvias ya que estas proveen apreciables cantidades del líquido de muy buena calidad. Por lo tanto, construir almacenamientos de buenas características y bajo costo es de gran importancia para asegurar agua de buena calidad para las familias rurales. La técnica constructiva es sencilla y puede ser adoptada por las comunidades fácilmente.

De esta manera, y mediante cálculos muy sencillos, es posible lograr que un techo de buenas características, un depósito de ferrocemento e, inclusive, un sencillo sistema para agregar cloro residual, se conviertan en un suministro de agua potable que mejora la calidad de vida de nuestras comunidades.



Proceso de construcción del tanque en ferrocemento



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología

desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

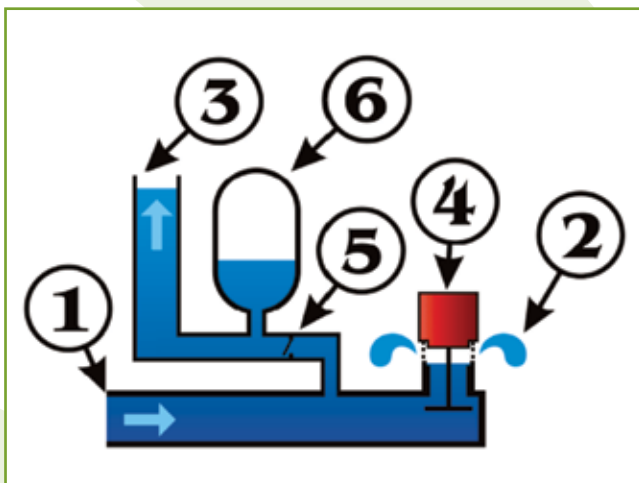
La técnica del ferrocemento consiste en una estructura compuesta por mallas de gallinero sobrepuestas una sobre la otra, reforzadas con alambre galvanizado o de púas. Sobre estos elementos se extiende un mortero en proporción 1:2,5 (en volumen) enriquecido con un producto impermeabilizante.

Características:

- Los materiales que lo componen (arena, cemento y malla de gallinero) son de fácil consecución.
- Cualquier forma deseada.
- Dura más que la mayoría de los otros materiales como maderas y es más barato que el acero.
- La técnica se adquiere fácilmente.
- La construcción no requiere de instalaciones ni de maquinaria compleja.
- Es de fácil reparación.

Ariete hidráulico

Otra opción que se puede emplear para llevar el agua almacenada y utilizarla en las labores productivas, es el ariete hidráulico.



Se define como una bomba cíclica accionada por la energía cinética del agua. Utiliza el efecto del golpe de ariete para elevar el agua a una cota topográfica mayor en comparación con la cota del punto de captación. En esta figura (izquierda) se presenta el esquema del funcionamiento del ariete hidráulico. Al iniciar un ciclo, la válvula de salida de agua (4) está abierta y la válvula cheque de envío del agua (5) está cerrada. El agua fluye por gravedad a través de la tubería de alimentación (1), ganando velocidad y energía cinética, hasta que es obligada a cerrarse súbitamente la válvula de salida de agua (4). El *momentum* de la masa de agua actuando contra la válvula cerrada (a) produce el golpe de ariete que incrementa la presión, abriendo la válvula de envío de agua (5). Parte del flujo ingresa a la tubería (3) encargada de transportar el agua a una



cota más alta. Como el agua que fluye por esta tubería (3) supera la cota del punto de captación, el flujo disminuye y la válvula cheque 5 se cierra. Se abre de nuevo entonces la válvula 4, para reiniciar otro ciclo. La botella presurizada (6) contiene aire que amortigua el golpe de



Tanque elevado y tubería de alimentación al ariete (1); ariete operando (2).



presión hidráulica que surge cuando se cierra la válvula de salida (4), y además incrementa la eficiencia de bombeo a través de la tubería (3) facilitando un flujo más constante de agua. Como el aire a presión se va disolviendo en el agua, una válvula adicional ubicada aguas arriba de la válvula cheque 5, debe permitir automáticamente el ingreso de una burbuja de aire a la botella con cada ciclo de operación.

Con las anteriores imágenes se ilustra el montaje de la prueba del ariete hidráulico para el taller, donde se utilizó un tanque de polietileno de 200 litros para simular el punto de captación. La tubería de alimentación es de PVC de 1" de diámetro. Como tubería de transporte del agua a una cota mayor se empleó una manguera tipo jardinería de 3/8".



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología

desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

1.3.2 Sistemas de riego

Existen diferentes sistemas de riego, algunos con alto consumo de agua como los sistemas de aspersores y otros de bajo consumo como los sistemas de microirrigación o goteo.

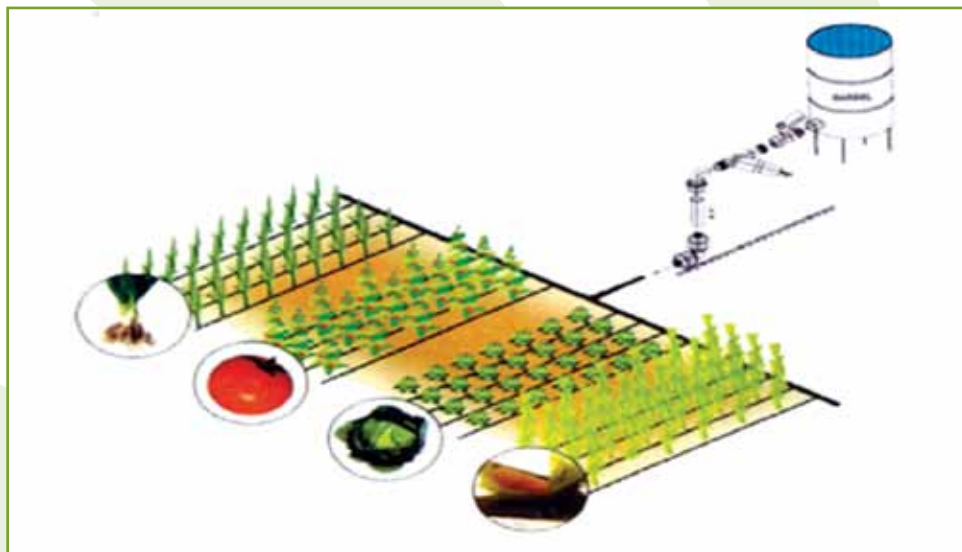
Indicadores de incrementos en producción bajo riego por goteo

En Colombia se dispone de resultados de investigaciones sobre la respuesta productiva de diferentes especies comparando agricultura tradicional con la tecnificada con riego por goteo. En la tabla 2 se presentan algunos resultados reportados por Forero.

Investigaciones sobre incrementos en producción bajo riego por goteo.

Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 1988.

Cultivo	Producción media en la zona, t ha ⁻¹	Rendimiento con riego por goteo, t ha ⁻¹	Incremento con relación al testigo	Localización
Tomate chonto	12	22,4	84%	Cáqueza periodo seco
Cebolla Yellow Granex	13	24	85%	Cáqueza periodo seco
Coliflor Bola de nieve temprana	9	27	200%	Tunja periodo seco
Fresa Tioga californiana	24	49,8	108%	Cota periodo seco



Esquema sistema riego por goteo operado por gravedad



En la figura anterior se identifica el tanque, elevado con respecto a la superficie del suelo. Aguas abajo del tanque se ubica una válvula para apertura y cierre manual, y posteriormente el filtro. De allí el agua pasa al múltiple que es la tubería a la cual se conectan los laterales o mangueras que portan los goteros. Las líneas o laterales se instalan a lo largo de las camas cultivadas.

Cosechar agua, darle un uso eficiente y suministrarla a los cultivos garantiza la continuidad de procesos productivos sostenibles ante efectos del fenómeno.

1.4 Opciones para reducir la vulnerabilidad y enfrentar la “niña” desde la finca del productor

Recuperar suelos degradados mediante el establecimiento de obras biomecánicas como trinchos en guadua y prácticas de conservación de suelos en parcelas demostrativas.

Recuperación de zonas erosionadas o inestables: Algunas áreas de Colombia tienen problemas de erosión como movimientos en masa activos y erosión por escurrimiento hídrico superficial. Algunas técnicas pueden ser aplicadas para detener la erosión o inestabilidad del suelo en zonas agroproductivas.

Acciones que se pueden realizar:

- Obras geotécnicas para el control de aguas:
 - **Obras de drenaje:** zanjas en corona, zanjas de recolección del drenaje en espina de pescado, filtros de drenaje. Este tipo de obras es de gran importancia en el control de procesos de remoción en masa, como deslizamientos, flujos de barro, solifluxión y similares, los cuales son alimentados por aguas de infiltración.
 - **Obras de control de erosión hídrica superficial:** trinchos en piedra o madera a lo largo de las zanjas, descoles, terrazas y pozos de sedimentación. Estas obras tienen como finalidad controlar el avance de los procesos de erosión por escurrimiento concentrado, como surcos y cárcavas.



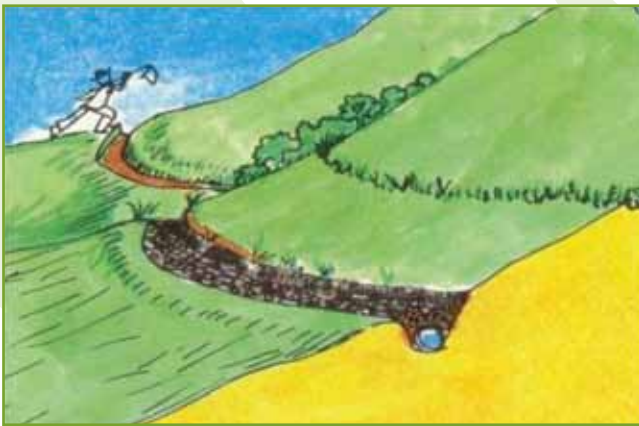
Obras típicas de control de erosión en laderas y cauces



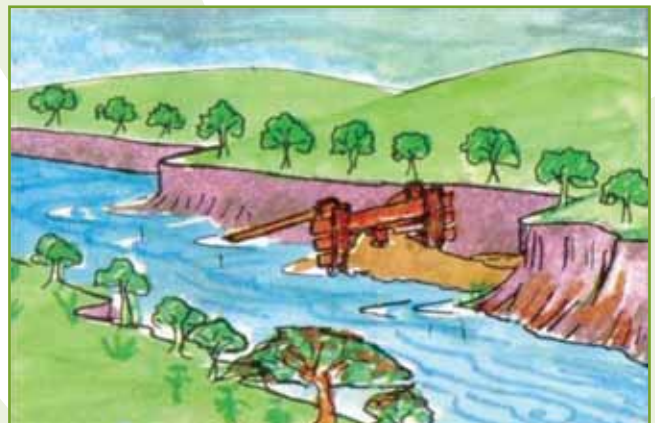
Fajinas



Trinchos



Zanjas de control del drenaje



Espolones

En la selección de obras y tratamientos de revegetalización se debe tener en cuenta la regla general de que todo lo que contribuya a la infiltración es bueno para frenar los procesos de erosión hídrica superficial, pero es contraproducente para el control de los movimientos en masa, ya que éstos son generados por el agua que se infiltra, mientras los primeros son causados por el agua que escurre sobre la superficie.

Las obras transversales que son los mismos trinchos, diques o empalizadas que forman barreras a través de las corrientes y tienen por objetivo ir disminuyendo la velocidad y energía del agua, especialmente en terrenos pendientes. Se emplea para el control de cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desagües naturales.



Construcción de trinchos, Vereda La Hoya, Calera Programa INAP 2011

- En surcos, canales y desagües: en cultivos en eras y terrenos suavemente inclinados, es necesario proteger los surcos o caminos que quedan en sentido de la pendiente por medio de trinchos, cuyo objetivo es disminuir la velocidad del agua sin represarla.

Realización de prácticas culturales de conservación de suelos en parcelas demostrativas



Trazado de curvas de nivel, programa INAP, 2011

- Prácticas culturales de conservación: prácticas culturales y mecánicas agronómicas y su uso; curvas a nivel: construcción del caballete, trazado de curvas a nivel; prácticas culturales: localización de cultivos, siembras en contorno, coberturas vegetales, barreras vivas, sombrío, coberturas muertas, cultivo en fajas, incorporación de materia orgánica.



CAPÍTULO II

MEDICIONES DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

Para medir las variables meteorológicas partimos del concepto de riesgo climático.

2.1 Riesgo Climático

Las prácticas agrícolas y pecuarias en muchos casos han sido afectadas por la ocurrencia de fenómenos naturales de origen hidrológico y meteorológico. En este sentido, la agrometeorología resulta ser una herramienta importante ya que permite realizar estudios para apoyar las actividades agropecuarias, en lo relacionado a una acción preventiva y de reducción de pérdidas por fenómenos adversos. El estudio de las amenazas climáticas y los riesgos agrícolas aportan herramientas en el proceso de toma de decisiones para disminuir las pérdidas económicas en la producción agropecuaria. Por lo anterior, es necesario facilitar a la comunidad agrícola, el proceso de implementación de una cultura de prevención y de protección contra los fenómenos meteorológicos adversos.

El IDEAM a través del Servicio Agro meteorológico, suministra boletines del comportamiento de las variables meteorológicas y disponibilidad hídrica en el suelo agrícola. Además, realiza el seguimiento y monitoreo de fenómenos climáticos en la actividades agrícolas, tales como: heladas, sequía, vientos fuertes, fenómenos de gran escala como El Niño/La Niña, lluvias fuertes, y granizo.

2.2 Definición de Riesgo

El Riesgo se define como la probabilidad de afectación socioeconómica, estructural y ambiental debido a la amenaza de un evento peligroso. Así mismo, el Riesgo Agroclimático es la probabilidad de afectación al sector agrícola debido a la amenaza de un fenómeno climático.



RIESGO

AMENAZA	EXPOSICIÓN	SUSCEPTIBILIDAD	CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN
Probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso	Ubicación, posición o localización del sujeto expuesto al riesgo	Grado de fragilidad interna de un sujeto para enfrentar una amenaza	Capacidad del sujeto expuesto al riesgo para recuperarse después de haber sido afectado
Factores externos al sujeto. Provocan o generan el Riesgo.	Factores externos al sujeto que recibe el riesgo	Factores internos inherentes al sujeto que recibe el riesgo	Factores internos inherentes al sujeto que recibe el riesgo
Dependientes del entorno lejano	Dependientes del entorno cercano	Dependientes de su estructura interna	Dependientes de su capacidad regenerativa
Variación continua	Fijos o estables	Fijos o estables	Fijos o estables

Modelo conceptual del riesgo

El Riesgo resulta de la integración de dos componentes: la amenaza climática y la vulnerabilidad. Una metodología para evaluar el riesgo agroclimático es aplicar el siguiente modelo matemático (ecuaciones 1, 2 y 3), según Juan Carlos Villagrán De León (2006):

$$\text{RIESGO} = \text{AMENAZA} \times \text{VULNERABILIDAD} \quad (1)$$

$$\text{VULNERABILIDAD} = \text{EXPOSICIÓN} \times \text{SUSCEPTIBILIDAD} / \text{CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN} \quad (2)$$



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología

desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

$$\text{RIESGO} = \text{AMENAZA} \times \text{EXPOSICIÓN} \times \text{SUSCEPTIBILIDAD} / \text{CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN} \quad (3)$$

VULNERABILIDAD
↓

(The terms EXPOSICIÓN, SUSCEPTIBILIDAD, and CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN are circled in the original image, and an arrow points from VULNERABILIDAD to this group.)

En el estudio del riesgo, además de considerar los componentes implícitos a su definición (amenaza y vulnerabilidad) están involucrados otros conceptos que se estudian para emitir una alerta.

Los elementos más importantes son:

- a) **Amenaza:** probabilidad o posibilidad de ocurrencia de un evento peligroso de origen externo, independiente del sujeto posiblemente afectado o dañado. (Amenaza = Intensidad x Frecuencia).
- b) **Vulnerabilidad:** son las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Los factores que componen la vulnerabilidad son la exposición, la susceptibilidad y la resiliencia.
- c) **Exposición:** es la condición de desventaja debido a la ubicación, posición o localización de un sujeto, objeto o sistema expuesto al riesgo.
- d) **Susceptibilidad:** es el grado de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema para enfrentar una amenaza y recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de un evento adverso.
- e) **Resiliencia:** es la capacidad de un sistema, comunidad propia del sujeto expuesto al riesgo para recuperarse o regenerarse a su condición normal después de haber sido afectado.
- f) **Intensidad:** magnitud de un evento peligroso. A mayor intensidad de una amenaza se incrementa la posibilidad de provocar mayor daño.
- g) **Frecuencia:** periodo de repetición de la ocurrencia de un fenómeno. A mayor frecuencia de ocurrencia de un evento se incrementa la posibilidad de la amenaza.



CAPÍTULO III

ELEMENTOS SUCEPTIBLES DE OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN DESDE LA FINCA DEL PRODUCTOR PARA EVALUAR EL RIESGO CLIMÁTICO

La medición y observación de las principales variables meteorológicas forma parte de las actividades de Buenas Prácticas que el productor debe registrar y analizar su impacto en los procesos de producción para incorporar los resultados a sus actividades de prevención.

Las mediciones que desde la finca o área de producción debemos registrar para utilizarlas en nuestros procesos productivos y correlacionarlas por fases y etapas productivas son:

- a) Estado del cultivo
- b) Precipitación o lluvias
- c) Temperaturas máximas y mínimas
- d) Presencia de plagas y enfermedades

Cada uno de estos elementos se pueden medir con registros visuales o instrumentos de lectura directa o equipos, si bien son aproximaciones estas lecturas y/o registros locales que aunque no podemos hacer una lectura perfecta nos llevará a una aproximación que permite al productor tomar decisiones a tiempo para prevenir efectos climáticos que no se pueden controlar ni erradicar.

3.1 Estado del cultivo

La observación del estado fitosanitario y desarrollo del cultivo en cada una de sus etapas de crecimiento nos permite predeterminar que producción se puede esperar.



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología

desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

Estos parámetros de desarrollo y crecimiento se correlacionan con las condiciones reales a nivel de finca de temperatura, humedad y con ella el suministro adecuado del agua y presencia de plagas, enfermedades y malezas que pueden comprometer los rendimientos productivos por área cultivada.

Un modelo para evaluar el estado del cultivo y su correlación con el clima puede ser:

	HUMEDAD		LLUVIA REGISTRADA	TEMPERATURA		LUMINOSIDAD REGISTRADA	EVALUACIÓN CUALITATIVA
	Deficit	Exceso		Maxima	Minima		
Germinación							
Desarrollo vegetativo							
1 Observación							
2 Observación							
3 Observación							
4 Observación							
5 Observación							
Prefloración							
Floración							
Formación de frutos							
1 Observación							
2 Observación							
3 Observación							
4 Observación							
5 Observación							
Maduración							
Cosecha							

Para correlacionar las variables climáticas con el desarrollo de mi producción debo registrar por cada etapa del cultivo o desarrollo de especie pecuaria su desempeño a partir de observaciones basadas en la experiencia del productor.

3.2 Precipitación o llluvias

Se mide por medio del PLUVIÓMETRO o el PLUVIÓGRAFO.

Este instrumento está constituido por un cilindro hueco, o cualquier otro elemento receptor, que recoge la lluvia caída durante un periodo de tiempo determinado. La cantidad de lluvia se mide como la altura de la lámina de agua recibida. La unidad de medición es el milímetro. El instrumento está calibrado en tal forma que un milímetro de agua es equivalente a un litro de agua por metro cuadrado o bien, a 10 metros cúbicos por hectárea. Es decir, un aguacero de 25 milímetros significa que el suelo recibió 25 litros por metro cuadrado o 250 metros cúbicos de agua por hectárea.



PLANILLA CONTROL DE LLUVIAS																							AÑO												
ESTABLECIMIENTO											POTRERO																								
MES/DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL MENSUAL			
ENERO																																			
FEBRERO																																			
MARZO																																			
ABRIL																																			
MAYO																																			
JUNIO																																			
JULIO																																			
AGOSTO																																			
SEPTIEMBRE																																			
OCTUBRE																																			
NOVIEMBRE																																			
DICIEMBRE																																			
																							TOTAL ANUAL												



Pluviógrafo

Otro instrumento utilizado para medición de lluvia es el PLUVIÓGRAFO, el cual conserva el mismo principio de medición del pluviómetro con la diferencia de que posee un mecanismo de reloj, conectado a una faja registradora, en la cual se va marcando en forma continua la cantidad de lluvia que cae.

De esta forma es posible conocer en qué hora exactamente llovió y cuánta lluvia cayó en una determinada hora o lapso del día.

3.3 Temperaturas máximas y mínimas

La temperatura máxima del día se mide con un termómetro de máxima y la temperatura mínima diaria, se mide con un termómetro de mínima.

La temperatura del suelo se mide con termómetros de suelo, que son termómetros especiales que se entierran en el suelo al nivel en que se desea medir. Generalmente se instalan a 2, 5, 10 y 20 cm en profundidad y también a estos niveles por encima del suelo.



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal



Psicrómetro August



Geotermómetro

3.4 Presencia de plagas y enfermedades

Para comprender y correlacionar el clima con la presencia de plagas, enfermedades y/o malezas es necesario partir de los conceptos básicos de un sistema de manejo integrado.

Ejercicio práctico

Utilización, medición e interpretación de lectura de pluviómetros:

CULTIVO POR ETAPA	SUMA DE AGUA CAIDA Y/O RECIBIDA	FECHA	OBSERVACIÓN DEL PRODUCTOR DEL ESTADO AGRONÓMICO Y FISIOLÓGICO DEL CULTIVO



Reflexiones ambientales a considerar desde la finca del productor

EL AGUA

El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso. La mayor reserva de agua está en los océanos, que contienen el 97% del agua que existe en la Tierra. Se trata de agua salada, que sólo permite la vida de la flora y fauna marina. El resto es agua dulce, pero no toda está disponible: gran parte permanece siempre helada, formando los casquetes polares y los glaciales.

- El agua es indispensable para la vida, porque ningún animal o vegetal puede sobrevivir sin ella.
- Es un constituyente esencial de la materia viva y fuente de hidrógeno para que las plantas verdes produzcan materia orgánica. Es, además, fuente del oxígeno liberado en la atmósfera durante la fotosíntesis.
- Es el medio en el que se desarrolla la abundante y variada flora y fauna acuática
- Interviene en todas las funciones vitales de plantas y animales.
- Las plantas verdes realizan la fotosíntesis a partir de agua y dióxido de carbono, empleando la energía solar.
- Las raíces captan los nutrientes del suelo solamente cuando están disueltos en agua.
- En los animales, el agua participa en importantes reacciones bioquímicas que se desarrollan dentro de las células.
- Disuelve y transporta las sustancias necesarias para la alimentación celular y las sustancias tóxicas que el organismo expulsa en forma de sudor y orina.

La contaminación del agua

- La contaminación se produce cuando el agua contiene demasiada materia orgánica o sustancias tóxicas no orgánicas.
- Cuando el agua de ríos y lagos está sobrecargada de desechos orgánicos, escasea el oxígeno y plantas y animales pueden morir.
- El aumento de fosfatos y nitratos que los desechos orgánicos liberan al descomponerse favorecen la proliferación de plantas superficiales. Esta masa densa obstacu-



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología

desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

liza el paso de la luz y el intercambio de gases con la atmósfera, perjudicando a otras formas de vida.

- Los desechos orgánicos pueden contener parásitos, bacterias y virus que transmiten enfermedades.
- La contaminación no orgánica se produce cuando el agua lleva disueltas sustancias tóxicas, producidas por la industria, minas y el uso de pesticidas en la agricultura.
- Algunas industrias descargan agua caliente, elevando la temperatura del agua por encima de su valor habitual.

LAS PLANTAS

Las plantas nos proporcionan alimentos, medicinas, madera, combustible y fibras. Además, brindan cobijo a multitud de otros seres vivos, producen el oxígeno que respiramos, mantienen el suelo, regulan la humedad y contribuyen a la estabilidad del clima. Las plantas verdes pueblan toda la Tierra. Son los únicos seres vivos capaces de captar la energía del sol para fabricar materia orgánica y liberar oxígeno. Por esta razón, son indispensables para la vida de otros organismos. Existe una inmensa variedad de plantas, algunas muy simples, otras muy evolucionadas. Forman parte de todos los ecosistemas y se han adaptado a diversos climas y condiciones del suelo. Algunas pueden vivir en sitios muy secos, otras necesitan agua abundante. La mitad de los alimentos que consume la humanidad procede de sólo tres especies de plantas: el trigo, el arroz y el maíz. Más del 40% de las medicinas derivan de las plantas. Algunas se utilizan directamente, como las hierbas tradicionales. Otras se originan en el mundo vegetal, pero sufren complicados procesos de transformación

Los bosques

- Su follaje amortigua el impacto de la lluvia sobre el suelo, la materia orgánica acumulada la retiene y las raíces absorben el agua que las hojas liberarán lentamente. Así se disminuye el riesgo de inundaciones y aumenta la humedad en los meses secos.
- Frenan la fuerza del viento, no sólo en su interior, ya que el efecto persiste más allá de sus lindes. En el lado opuesto al viento, éste no recobra su velocidad hasta decenas de metros después.



- Evitan la erosión del suelo. Impiden que el viento se lleve el suelo fértil y que el agua lo arrastre hacia los valles y ríos. Las hojas y frutos que caen proporcionan materia orgánica que los microorganismos descomponen en nutrientes.
- Dan protección a otras plantas que crecen debajo y alimento y cobijo a animales que viven en él.
- Al sostener la tierra con sus raíces, evitan los corrimientos y las avalanchas, que dañan cultivos y casas.
- Estabilizan el clima: donde hay bosques suele llover más, ya que las hojas transpiran humedad que luego se condensa. Además, atenúan los bruscos cambios de temperatura, porque impiden que el suelo se recaliente durante el día y se enfríe rápidamente por la noche.
- Protegen la fauna de ríos, lagos y costas, porque aportan alimentos y materia orgánica y regulan el depósito de sedimentos.
- Purifican el aire: durante el día, producen el oxígeno necesario para la vida animal y consumen el dióxido de carbono.
- Si son gestionados en forma adecuada, son una fuente constante y renovable de recursos e ingresos. Nos proporcionan alimentos, forraje, fibra, combustible, medicinas, materiales para construir viviendas y fabricar muebles, materia prima para la industria y las artesanías.

LOS ANIMALES

Los animales viven en comunidades, en el medio ambiente al que se han adaptado (hábitat). Entre las distintas especies de animales existe una compleja red de relaciones. Cualquier variación que sufra una especie romperá el equilibrio ecológico y repercutirá en el resto de los vegetales y animales de su ambiente.

Además de brindarnos alimentos, pieles, cueros, plumas y productos medicinales, nos otorgan otros beneficios muy importantes.

- Los insectos son responsables de la polinización de gran parte de las plantas. Otros animales se encargan de diseminar las semillas.
- Muchos invertebrados son labradores y desmenuzadores. Perforan el suelo mejorando su textura al abrir surcos y poros que retienen el agua y el aire y alojan a las raíces. Además, desmenuzan la materia orgánica, facilitando la tarea de los microorganismos.



Manejo e interpretación de variables del clima y de agrometeorología

desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal

- Los excrementos de los animales enriquecen el suelo. El estiércol es un excelente abono orgánico, que puede ser aplicado directamente o utilizado en la producción de composta.
- Aves y mamíferos han desarrollado la capacidad de mantener estable su temperatura corporal. Esto les permite vivir en zonas de grandes variaciones climáticas, siempre que cuenten con el alimento necesario.
- Muchos animales se protegen con un grueso pelaje o poseen reservas de grasa corporal.
- Otros construyen cuevas y madrigueras en las que se encierran junto a los alimentos que han acumulado.
- Algunos tienen períodos de hibernación, en los que su metabolismo y temperatura descienden para utilizar el mínimo de calorías.
- Ranas, sapos, serpientes y lagartos buscan protección en los huecos de los árboles, entre las piedras o se entierran en el suelo.
- Diversas especies de aves, peces y mamíferos recorren anualmente grandes distancias en busca de climas más propicios y alimentos.