

**REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN AGROMETEOROLÓGICA PARA LA
ELABORACIÓN DE BOLETINES DE PRONÓSTICO Y PREDICCIÓN
ENFOCADOS A LA PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA**

**Jeiner Yobany Buitrago Escobar
Martha Cecilia Cadena
Edinson Quintero Calderón**

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

SUBDIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.	4
2.1 <i>Objetivo general</i>	4
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
3. INTERACCION ENTRE LAS PLANTAS Y LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES	5
4. RELACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS Y LABORES AGRÍCOLAS.....	6
4.1 <i>PREPARACION DEL SUELO</i>	6
4.2 <i>SIEMBRA Y GERMINACION</i>	6
4.3 <i>FERTILIZACIÓN</i>	8
4.4 <i>MANEJO FITOSANITARIO</i>	9
4.4.1 <i>Desarrollo de enfermedades</i>	9
4.4.2 <i>Plagas</i>	10
4.4.3 <i>Malezas</i>	10
4.4.4 <i>Medidas de manejo y control</i>	11
4.4.5 <i>COSECHA</i>	11
5. LABORES AGRÍCOLAS Y REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA ...	12
4 BIBLIOGRAFÍA.....	17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales limitaciones en las prácticas agronómicas según las variables agroclimáticas 15

Tabla 2. Recomendaciones en las prácticas agronómicas según las variables agroclimáticas 16

1. INTRODUCCIÓN

Tanto el cambio climático como la variabilidad natural del clima, son fenómenos que están incidiendo sobre el ambiente planetario afectando ecosistemas terrestres y marinos, generando desequilibrios dentro de la cadena jerárquica de los ecosistemas. El aumento progresivo de la temperatura del aire ha hecho que algunos organismos sean más sensibles que otros a estos cambios; en el caso de las plantas, se han detectado alteraciones en sus procesos fotosintéticos.

Por otra parte, la variabilidad climática representa cada vez más un factor de incertidumbre en la planificación de los sectores económicos del país, que son directamente afectados por las condiciones de tiempo y clima; especialmente, cuando parece ir en aumento tanto la intensidad, como la duración y frecuencia de eventos extremos, como las sequías e inundaciones.

La divulgación de la información meteorológica es de gran importancia para el sector agrícola y pecuario del país, ya que se constituye como una herramienta útil en la toma de decisiones, así como en la planificación de las diferentes actividades que se realizan dentro del esquema productivo del sector, tales como siembras, riego, control fitosanitario y cosechas.

Incluir información sobre la predicción estacional de las variables meteorológicas, así como de los pronósticos del estado del tiempo, dentro de los esquemas de producción, incidiría positivamente en el aumento de la productividad, minimizando costos y optimizando las diferentes etapas de la actividad agrícola; aprovechando a la vez, la oportunidad que brinda una buena planeación y la implementación de prácticas sostenibles, para fomentar la protección y conservación de los recursos naturales, en aras de lograr una productividad amigable y en consonancia con el aprovechamiento sostenible de los recursos y el medio ambiente.

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo general

Determinar información relevante para el contenido de un boletín de predicción climática para fines agrícola y pecuario en el territorio colombiano.

2.2 Objetivos específicos

Definir principales labores agronómicas y su relación con las variables meteorológicas.

Establecer variables meteorológicas de interés agronómico.

3. INTERACCION ENTRE LAS PLANTAS Y LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES

La fotosíntesis es un proceso metabólico mediante el cual, las plantas transforman CO₂ y luz en azúcares y oxígeno, lo que lo convierte en el proceso más importante en el planeta, a partir del aprovechamiento de la radiación solar como fuente de energía.

Al ser la fotosíntesis un proceso que involucra factores medio ambientales, el conocimiento del tiempo y del clima es fundamental. Además de la luz solar, aspectos como la temperatura, humedad relativa o precipitación, inciden directamente (Salisbury y Ross, 2000; Hall, 2001).

La precipitación, es una de las variables más importantes para la agricultura, ya que gran parte de los procesos metabólicos de las plantas están regulados en función de la disponibilidad de agua; es por medio del agua que se absorben los nutrientes y se transportan sustancias en el interior de la planta.

En el mismo sentido, las plantas son organismos cuya fisiología depende de la temperatura del aire. La asimilación de carbono se da a través de unos canales de absorción llamados estomas, a través de los cuales ingresa CO₂ de la atmósfera a la planta (Salisbury y Ross, 2000). Por medio de los estomas, se libera agua en forma de vapor, que no es empleada en la fotosíntesis y de esta forma, a través del proceso conocido como transpiración, la planta regula su temperatura, ya que el proceso interno de evaporación consume muchas calorías. Un aumento importante de la temperatura, incrementa la transpiración y hace perder agua a la planta, en cuyo caso, se cierran los canales de flujo de aire y se restringe automáticamente el flujo de CO₂, interrumpiendo la producción de azúcares, afectando el rendimiento.

Del mismo modo, cuando la disponibilidad de humedad en el suelo es limitada, la planta cerrará sus estomas para retener la mayor cantidad de agua posible y nuevamente, la asimilación de CO₂ se detendrá y la producción disminuirá (Pessarakli, 2014). Por el contrario, si el agua en el suelo supera la máxima capacidad de retención de humedad, la planta cerrará el flujo de aire en las hojas, ya que en un suelo anegado la disponibilidad de oxígeno disminuirá y a su vez lo hará al interior de la planta.

La radiación es un componente que regula las demás variables ambientales como la temperatura y la humedad relativa. Cuando la radiación es alta, la temperatura tiende a aumentar, causando problemas de estrés en la planta, reduciendo su capacidad fotosintética. Sin embargo, no solo la intensidad de la radiación es importante, sino también su duración (Salisbury y Ross, 2000; Pessarakli, 2014).

Algunos cultivos responden mejor a altas radiaciones como el arroz, pero otros como el café y el cacao tienen mejor productividad cuando se manejan bajo sombra.

Las plantas funcionan influenciadas por el clima. Dependiendo de la especie, tendrán valores o rangos adecuados dentro de los cuales, su funcionamiento fisiológico será óptimo; sin embargo, cuando se presentan condiciones meteorológicas o climáticas fuera de estos rangos ideales, su funcionamiento se verá afectado (Salisbury y Ross, 2000).

4. RELACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS Y LABORES AGRÍCOLAS

4.1 PREPARACION DEL SUELO

La capacidad de labranza de un suelo está en función de sus características físicas y del contenido de humedad del mismo. En principio, el tipo de suelo (Arenoso, arcilloso o limoso), así como características de la estructura, la densidad y la porosidad, entre otros factores, serán importantes para determinar la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo (Jaramillo, 2002).

La cantidad de agua retenida entonces, estará en función del suelo, pero, además en función de la cantidad de agua que ingresa en el sistema, principalmente como lluvia y en segunda instancia, como escorrentía superficial o profunda (Nivel freático).

Por lo tanto, cuando la lluvia excede la capacidad de retención de agua del suelo, se pueden presentar condiciones de saturación, encharcamiento o inundación, que traen consigo pérdida de suelo o erosión. Adicionalmente, realizar actividades de labranza en suelos con altos contenidos de humedad trae consigo problemas como compactación, pérdida de estructura, reducción de la porosidad y afectación de la conductividad hidráulica (Jaramillo, 2002).

Usualmente esta labor se realiza en épocas secas o próximas a la época de lluvias, siendo la germinación dependiente de la relación suelo-aire-agua. En los procesos de laboreo que son muy intensos en su preparación, se debe considerar la variable del viento, ya que puede generar procesos erosivos (erosión eólica), donde las partículas más finas del suelo como limos y arcillas son transportadas, perdiendo propiedades físicas, químicas y biológicas, que son el sustento para el crecimiento y desarrollo del cultivo (Montenegro y Malagón, 1990).

4.2 SIEMBRA Y GERMINACION

Dependiendo de cada especie, el suelo debe tener un nivel de humedad adecuado que permita la activación metabólica y posterior emergencia de la planta. Por lo tanto, el tipo y características del suelo serán importantes para el éxito de la germinación (si la semilla queda muy tapada o el suelo es muy compacto, la germinación no se dará).

Cuando una semilla queda expuesta ambientalmente a una determinada cantidad de agua y temperatura, iniciará su proceso de germinación. Además de la humedad,

las semillas tienen un umbral de temperatura dentro del cual funcionara su maquinaria metabólica (Gradiente de temperatura positivo estimulara el metabolismo, entre más frio, se ralentizará más, pero si se excede el tope de temperatura, habrá estrés térmico, el metabolismo -fotosíntesis principalmente- se detendrá y habrá muerte del embrión o plántula). (Hall, 2001; Soltani y Sinclair 2012).

En las zonas de clima frio los descensos de temperatura pueden generar eventos de heladas, lo cual puede ser crítico en esta etapa, ya que se causan daños fisiológicos y mecánicos en la formación de los tejidos. Este evento impacta mucho a las hortalizas de hoja y los pastos (Hurtado et al., 2008).

Otro factor importante es la radiación, ya que, por lo general, las plantas al momento de germinar, direccionaran su crecimiento en busca de luz, al momento de emerger (crecimiento por encima del nivel del suelo), la PAR (radiación fotosintéticamente activa) será importante, en la medida en que suple la necesidad específica de cada especie. Una disminución en la radiación (por nubosidad alta, por ejemplo) retrasara el crecimiento y desarrollo de un cultivo. El constante número de horas de brillo solar garantiza un proceso eficiente en el crecimiento y mejor asimilación de nutrientes en el suelo por parte del cultivo. Una baja luminosidad reduce las tasas de crecimiento, ya que los procesos fisiológicos se ralentizan, prolongando el ciclo productivo (Soltani y Sinclair, 2012).

Cuando en una escala temporal corta (días, semanas, décadas) hay un aumento-reducción significativa de las precipitaciones, la germinación se verá afectada, y por tanto se hace importante conocer o prever en un corto periodo de tiempo cual será el comportamiento de las lluvias, y, por ejemplo, información de los días de lluvia de una década será importante (Pessaraki, 2014).

En la siembra, el contenido y la disponibilidad de agua en el suelo son esenciales; no solo para la germinación, sino también para el crecimiento y desarrollo de las plantas, especialmente en los primeros estadios fenológicos. El exceso de humedad en el suelo puede retrasar la germinación o incluso favorecer la descomposición de la semilla.

El principal factor que interviene en la germinación es el agua, ya que cuando el suelo alcanza un nivel adecuado de agua (dependiendo de cada especie), se activarán en la planta los procesos metabólicos que darán origen a las plántulas. A su vez, estos procesos tienen un rango óptimo de temperatura en los cuales ocurrirán mejor (dependiendo de la especie). La temperatura no solo determinara la velocidad con la que los procesos metabólicos propios de la geminación ocurrirán, sino también, en qué momento se dará dicho proceso (Soltani y Sinclair 2012).

En periodos de alta precipitación, la siembra se podrá ver severamente afectada, ya que estos excesos de precipitación sumada con altos contenidos de humedad, dificultarán la germinación, en el sentido en que cuando un suelo se encuentra encharcado los niveles de oxígeno disminuirán y la respiración celular se detendrá.

En términos agrometeorológicos, es de gran utilidad conocer cuando aproximadamente iniciaran las épocas de lluvias, ya que los productores eligen los días de siembra basándose en una planificación por calendario, sin embargo, cuando las precipitaciones son altas por un largo periodo de tiempo, la acumulación de agua en el suelo será a su vez excesiva, llegando a presentarse saturación hídrica causando estrés por exceso, afectando la germinación de las plantas, ya que se reducirá el flujo de aire entre el ambiente y el suelo, y se producirá una anoxia en el suelo, afectando la germinación de las plantas o sus primeros estados de desarrollo.

4.3 FERTILIZACIÓN

La fertilización es un proceso en el cual las plantas obtienen los nutrientes necesarios para sus funciones metabólicas. Por medio de la solución del suelo es que la planta absorbe los nutrientes que necesita para desarrollarse, en ese sentido, la humedad del suelo será fundamental en el desarrollo de estas labores (Guerreo, 2002).

Los criterios para la nutrición de las plantas son de tipo agronómico, por ello se analizan las condiciones edáficas, fisiológicas y climáticas que puedan garantizar que los nutrientes ingresen a la planta por las raíces o el follaje, los cuales están involucrados en todos los procesos fisiológicos que ésta necesita para lograr un buen desarrollo (Guerreo, 2002; Fenalce, 2012; Fedearroz, 2013).

Un exceso de agua, puede generar lixiviación de nutrientes, sobre todo de tipo nitrogenado y fosfóricos, que se dirigen hacia fuentes subterráneas o afluentes, generando problemas de contaminación (Guerrero, 2002). Si la disponibilidad de agua es deficitaria, el fertilizante no se puede disolver en la solución del suelo, y la planta no puede obtener los nutrientes. El clima juega también un papel importante en el momento de aplicación del fertilizante, cuando no se dispone de riego, la ocurrencia de lluvias será fundamental para decidir sobre la aplicación.

Los nutrientes tienen una gran importancia para el crecimiento y desarrollo de la planta en sus diferentes etapas de desarrollo, por lo cual es importante conocer el estado del tiempo para tomar decisiones en cuanto al momento de fertilizar (Guerrero, 2002).

La eficacia de la fertilización aumentará si la aplicación se hace en el momento en que los nutrientes son requeridos con mayor intensidad por el cultivo, es decir, cuando se empiezan a formar los órganos de interés económico (tubérculos, raíces, follajes, granos, inflorescencias, etc.). En cultivos perennes (café, cacao, palma, árboles frutales, caucho, etc.) y en pastos, las aplicaciones de nitrógeno se distribuyen a lo largo del año, buscando la coincidencia con épocas de lluvia para una mejor eficiencia y respuesta de la aplicación (Guerrero, 2002).

En el caso del arroz de riego se ha comprobado experimentalmente que la aplicación fraccionada de fósforo resulta más eficaz que una sola aplicación al momento de la siembra, siempre y cuando el fertilizante aplicado sea de alta solubilidad, tal como el caso de los fosfatos de amonio y los fertilizantes compuestos (Fedearroz, 2013; Guerrero, 2002).

La agricultura de precisión ha aumentado la eficiencia, ya que se puede determinar la variabilidad espacial de los diferentes nutrientes, estableciendo la necesidad nutricional en una zona específica del terreno. Sin embargo, la implementación de estas tecnologías requiere estudios previos de suelos, clima, topografía, necesidades nutricionales, maquinaria especializada, personal experto, etc., lo cual no se puede efectuar de forma generalizada a todos los cultivos; únicamente se han presentado casos de éxito en cultivos extensivos agroindustriales como caña de azúcar, palma de aceite, arroz (riego y seco), maíz, sorgo y soya (Leiva, 2008).

4.4 MANEJO FITOSANITARIO

La incidencia de plagas y enfermedades suelen estar directamente relacionadas con aspectos climáticos. Se trata de organismos y microorganismos de metabolismo simple, por lo cual estas plagas y enfermedades están adaptadas a los microclimas que se generan en los cultivos y son muy sensibles a cualquier variación en dichos microclimas.

4.4.1 Desarrollo de enfermedades

Las enfermedades son una alteración en el funcionamiento de la planta generada por algún agente infeccioso o patógeno, que bien pueden ser bacterias, hongos, nematodos o virus. Para que una enfermedad se desarrolle debe haber una combinación de factores favorables que contemplan: un hospedero susceptible, un patógeno y condiciones ambientales favorables (Universidad de Illinois, 2014).

Los patógenos son susceptibles al estado del tiempo y a sus variables como temperatura, lluvia, humedad relativa, rocío, nubosidad, luz solar, vientos, evapotranspiración y presión atmosférica. Cualquiera de estas, o alguna combinación podrían incidir directamente en el desarrollo de una enfermedad. Son especialmente importantes la temperatura y la humedad del ambiente (Universidad de Illinois, 2014; Pirson y Zimmermann, 1982).

Usualmente, tanto hongos como bacterias requieren de una lámina de agua superficial en el tejido vegetal para multiplicarse, desarrollarse y poder propagarse. Las variaciones de las condiciones normales pueden generar brotes esporádicos de diversas enfermedades que de otra manera no se desarrollarían. Por tal motivo, el clima de una región es un factor tan importante para el desarrollo de un sistema productivo. Una enfermedad puede ser tan severa, como intrascendente en una temporada, solo con variaciones en el clima (Universidad de Illinois, 2014; Pirson y Zimmermann, 1982).

Por otra parte, la baja cantidad e intensidad de luz y condiciones hídricas extremas, son factores que contribuyen al crecimiento y diseminación de los patógenos causantes de enfermedades.

4.4.2 Plagas

Los insectos, así como otros invertebrados son organismos heterotérmicos, es decir, que sus temperaturas corporales están determinadas principalmente por la temperatura ambiental, y su actividad metabólica generalmente se incrementa con aumentos de temperatura (Schowalter, 2011).

A su vez, la humedad relativa es de suma importancia, ya que ayuda a regular la pérdida de agua que tienen los insectos. En general, la baja humedad es perjudicial para el desarrollo de los insectos. Por lo tanto, la temperatura y la humedad son las variables climáticas más decisivas para las plagas (Schowalter 2011). Un aumento de la temperatura en algunos grados acelerará el ciclo de vida de una plaga a tal punto que este se desarrollara en menos días, ocasionando problemas en la producción agrícola, ya que la población plaga aumenta y a su vez, su demanda alimenticia.

En ambientes secos, con alto brillo solar y alta temperatura también se favorecerá el desarrollo de plagas, y por lo general, los insectos asociados a estos ambientes están adaptados a la baja humedad (Jaramillo et al., 2006; Schowalter 2011). Por su parte, las precipitaciones tienen influencia negativa en el crecimiento y desarrollo de la dinámica poblacional del insecto. En algunos casos, un aumento en las precipitaciones puede incrementar la mortandad significativa en algunas poblaciones de insectos. (Fenalce, 2012; Fedearroz, 2012). Además, el viento tiene importancia en el sentido, en que es a través de él, algunas poblaciones de insectos se desplazan de una zona a otra (Schowalter 2011).

La incidencia de insectos plaga en los cultivos es variable y dependerá especialmente de condiciones climáticas, densidad poblacional del insecto y material vegetal. Si las condiciones ambientales son favorables y existe una importante cantidad de fuente alimenticia, la población de insectos se incrementará, trayendo consigo pérdidas en producción y rendimiento.

4.4.3 Malezas

El efecto de la precipitación en el desarrollo de malezas está relacionado con el grado de competencia que exista con el cultivo, la disponibilidad de nutrientes (especialmente nitrógeno) y los patógenos e insectos hospederos que lleguen a afectarlo, ya que reducen la capacidad de crecimiento y desarrollo de la planta. En etapas tempranas del cultivo (germinación) puede llegar a ser crítico, si las malezas se desarrollan primero que el cultivo, ya que se reduce la tasa de crecimiento y la disponibilidad de nutrientes.

Las malezas pueden tolerar temperaturas extremas, ya que han desarrollado estrategias ecológicas de competencia, siendo más eficientes en la captura de los recursos del ambiente, como nutrientes, luz, temperatura para fotosíntesis, entre otros; por esta razón los controles fitosanitarios no presentan una capacidad de reducir la población de malezas total.

Adicionalmente las altas temperaturas pueden reducir la eficiencia de aplicaciones de productos fitosanitarios, ya que las moléculas se pueden degradar bajo estas condiciones, por eso se hace necesario un manejo integral (control cultural, mecánico, aplicaciones selectivas, etc.).

4.4.4 Medidas de manejo y control

Al momento de hacer aplicaciones de insumos, bien sea insecticidas, herbicidas, fungicidas y demás, es importante tener en cuenta el nivel de humedad del cultivo, ya que en ambientes muy húmedos estos productos van a tender a perderse disueltos en la humedad del sistema; por el contrario, si se hacen aplicaciones en ambientes muy secos, el producto no tendrá la movilidad adecuada y tenderá a degradarse.

A su vez, es importante que la planta tenga un contenido hídrico adecuado, ya que muchos de estos productos harán un tránsito a través del sistema vascular de la planta, y este será más fácil si el contenido de agua en la planta es óptimo.

También es importante tener en cuenta el viento, ya que fuertes ráfagas, pueden ocasionar pérdida de insumos por deriva y desplazarlo a otros cultivos, fuentes de agua, poblaciones cercanas y otras áreas productivas, que pueden llegar a generar problemas sanitarios y legales (Fenalce, 2012; Fedearroz, 2013).

En algunas zonas del país, como los llanos orientales, en donde se siembran cultivos extensivos, las aplicaciones se hacen por medio de aeronaves, y en casos como estos, es importante tener en cuenta el viento. Lo mismo ocurre con la aplicación de fungicidas e insecticidas, que pueden ser transportados hacia cultivos próximos a la cosecha, lo que puede generar problemas de residualidad de estos productos agroquímicos (Fenalce, 2012; Fedearroz, 2013).

4.4.5 COSECHA

Para esta actividad agronómica, se prefiere que no existan excesos de agua, ya que el cultivo llega a su madurez fisiológica y el metabolismo se desacelera. En algunos cultivos cuyo resultado es un “producto seco”, como el arroz, algodón o cereales como el sorgo (productos con bajo contenido de humedad), es importante evitar la cosecha en periodos de lluvia y más primordial aún, es que los días que preceden a la cosecha, sean días de baja humedad y alta radiación, de tal forma que se reduzca la humedad al cultivo y del producto. Además es conveniente disminuir el contenido de humedad en las zonas de almacenamiento y durante las actividades de cosecha.

Los productos de consumo en fresco (hortalizas) pueden presentar algún riesgo para mantener la turgencia del producto; por lo cual es importante garantizar que se mantenga el nivel de humedad desde la cosecha hasta el consumo.

Adicionalmente, si se realizan cosechas mecanizadas (maíz, arroz, sorgo, soya, etc.) en un periodo de lluvias, esto puede conllevar a problemas de compactación de suelos, generando dificultades en el siguiente ciclo de cultivo (Fenalce, 2012; Fedearroz, 2013).

5. LABORES AGRÍCOLAS Y REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

El clima es una cualidad dentro del territorio que incide directamente sobre la fisiología de las plantas y afecta de manera directa el proceso de fotosíntesis y en consecuencia, el crecimiento, la producción y calidad de los cultivos. Por esta razón los datos históricos de las estaciones meteorológicas (temperatura, precipitación, evapotranspiración, brillo solar, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, entre otros) son de gran importancia en las áreas de interés de producción agrícola. (UN-UPRA, 2014).

El clima, no solo hace parte del potencial agrícola de una región, ya que eventualmente, permite descartar o seleccionar áreas aptas o no para la agricultura, sino que también es un indicador de qué tipo de cultivos se adecúan mejor a las diferentes zonas. También se puede aplicar el conocimiento del clima, para saber en qué época del año el requerimiento hídrico no es cubierto por la oferta natural, y así mismo, desarrollar estrategias para mitigar posibles impactos negativos o aprovechar las condiciones que benefician la producción.

Así mismo, la climatología permite planificar qué tipo de cultivo es mejor sembrar y dependiendo del ciclo productivo y de la fisiología del mismo, determinar qué etapas del cultivo son más críticas y demandan más agua, planificando así el periodo adecuado para sembrar, buscando por ejemplo que la época más lluviosa coincida con la de mayor demanda de la planta, o si por el contrario las lluvias son excesivas, aplicar drenajes, que disminuyan la afectación sobre el desarrollo del cultivo.

La precipitación es una de las variables más influyentes en el desarrollo de los cultivos; conocer su comportamiento en el corto y largo plazo constituye una herramienta fundamental para la planificación y desarrollo de los cultivos (UN-UPRA, 2014).

Según criterios establecidos por cada uno de los agremiados en torno a la agricultura, se establecen cronogramas de actividades, de acuerdo con el régimen (monomodal o bimodal) de las lluvias. En la actualidad el cambio climático y los eventos asociados a la variabilidad climática, como por ejemplo la ocurrencia de eventos tipo El Niño-Oscilación Sur (ENOS), que modifican eventualmente el comportamiento estacional, hacen muy difícil la determinación del inicio, duración e intensidad de las temporadas secas y lluviosas.

Además, en algunos sitios, la intensidad de las precipitaciones se ha incrementado y a la vez modificado su distribución en número de días lluviosos esperados mensualmente; estos eventos lluviosos, se convierten ocasionalmente en aguaceros torrenciales, con escasa frecuencia, que pueden ser aprovechados en el almacenamiento de agua para cubrir requerimientos en épocas deficitarias de lluvias o representar una amenaza definitiva para el desarrollo del cultivo.

La climatología, proporciona registros históricos que pueden ser tomados como referencia para la toma de decisiones; no obstante, las temporadas lluviosas y secas, no necesariamente coinciden con lo esperado, por lo que la información meteorológica en tiempo real, también es necesaria y funciona como complemento a la predicción estacional, convirtiéndose en ese sentido en herramienta para replantear el manejo hídrico o de los sistemas de riego, según sea el caso.

En zonas donde se dispone de distritos de riego, tales como la zona central del Tolima, el norte del Valle del Cauca o El Zulia (Norte de Santander), entre otros, se pueden hacer planes de riego con mayor precisión, teniendo en cuenta la disponibilidad de agua y la predicción de las lluvias; además, los distritos de riego dependen de las lluvias que caen en las partes altas y medias de las cuencas para reabastecer sus zonas de reserva (Embalses, afluentes, reservorios, etc.) y es allí donde el seguimiento hidrológico, es fundamentales en los procesos de planificación agropecuaria.

En conclusión, el seguimiento y la predicción de variables hidrometeorológicas directas o calculadas, resulta importante en el desarrollo de los cultivos. Además de la precipitación, son importantes la evapotranspiración de referencia (ET_o), la disponibilidad de agua en el suelo, la temperatura del aire máxima y mínima, el brillo solar o la radiación y la velocidad del viento (Allen et al., 2006).

La disponibilidad de agua en el suelo junto con la radiación solar, son tal vez los elementos más importantes en el desarrollo del cultivo; las plantas usan el agua para reducir su temperatura, transportar nutrientes a sus órganos y con ayuda de la radiación, activar procesos fotosintéticos. El crecimiento de la planta está ligado a la capacidad de las hojas para producir carbohidratos a través de la fotosíntesis; los carbohidratos son la base para la acumulación de biomasa y el desarrollo de la planta; por lo tanto, la productividad y el rendimiento de los cultivos dependen directamente del agua disponible.

En general, es importante para el sector saber cuál será la tendencia del clima en periodos que oscilan entre uno, tres y seis meses (predicción climática) y cómo será la variación de las condiciones meteorológicas en espacios temporales más cortos e incluso inferiores a la duración del periodo agrícola, donde la información en tiempo real y el pronóstico del tiempo, son claves para realizar los ajustes correspondientes en la planeación en el corto plazo.

La generación y divulgación del pronóstico y la predicción estacional de las lluvias, permite programar actividades como la preparación del terreno, la siembra, la

fertilización y el manejo fitosanitario (Plagas, enfermedades, malezas) y la cosecha, como se mencionó anteriormente.

También es importante conocer el comportamiento climático de las variables, para entender las predicciones y saber los parámetros de referencia respecto a los cuales las lluvias por ejemplo, resultarán excesivas o deficitarias. Conocer la estacionalidad de las precipitaciones, es decir su régimen o comportamiento promedio durante el año (inicio y finalización de las temporadas secas o lluviosas) y su variabilidad temporal, permite entender en qué medida el clima obedece a patrones de persistencia, que pueden verse alterados por la ocurrencia de eventos extremos inherentes a la variabilidad climática natural.

Pensando en ello, los gremios han venido trabajando en la implementación de medidas que, junto con la información de predicción climática y pronóstico meteorológico, permitan disminuir el riesgo y potenciar actividades que optimicen el uso del recurso hídrico. La información climática es socializada a través de la estrategia de “Mesas Técnicas Agroclimáticas”, desarrolladas por varias instituciones como el IDEAM y la FAO, liderados por el MADR, en las cuales se discuten las diferentes medidas y recomendaciones que el gremio puede incorporar para reducir siniestros en la agricultura.

En el caso de cultivos de gran escala, como palma de aceite, caña de azúcar, maíz, sorgo, leguminosas (soya), pastos de corte o barbecho, en zonas donde existen distritos de riego, se requiere con mayor prioridad la predicción de variables como la radiación, ya que, cubierto el abastecimiento del recurso hídrico, la radiación cobra papel importante en la obtención de rendimientos óptimos.

En cultivos de secano, donde la dependencia del agua lluvia es total, se hace necesaria la construcción de obras de infraestructura que permitan almacenar excesos de agua, como reservorios o represas, para de esta forma cubrir la demanda hídrica en épocas críticas. Con una buena predicción de las lluvias, es posible detectar periodos donde las aguas lluvias deben aprovecharse para cultivos que requieren uso intensivo del agua como el arroz.

Finalmente, se presenta la relación entre las variables agroclimáticas y las principales prácticas agronómicas, así como las principales limitantes (Tabla 1) y las prácticas recomendables (Tabla 2), de acuerdo con las predicciones climáticas y el pronóstico del tiempo disponibles.

Tabla 1. Efectos en las prácticas agronómicas según el comportamiento esperado de las variables meteorológicas.

PRÁCTICA AGRONÓMICAS	EFECTO DE LA VARIABLE CLIMÁTICA							
	PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO		TEMPERATURA		RADIACIÓN O BRILLO SOLAR		VIENTOS	
	Déficit	Exceso	Alta	Baja	Alto	Bajo	Vel. Altas	Vel. Bajas
Preparación del Terreno	--	<ul style="list-style-type: none"> • Compactación del suelo. • Escorrentía superficial. • Perdida de espacio poroso. 	--	--	--	--	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de partículas del suelo 	--
Siembra	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso germinación. • Incidencia de plagas. • Perdidas de plantas (Baja densidad de siembra) 	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso germinación. • Incremento de enfermedades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso germinación. • Estrés 	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidades de heladas. • Ralentización de la germinación 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrés • Quema de tejidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Ralentización de la germinación 	--	--
Fertilización	<ul style="list-style-type: none"> • Baja absorción del fertilizante 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de lixiviación del fertilizante 	<ul style="list-style-type: none"> • Volatilización del fertilizante 	--	<ul style="list-style-type: none"> • Volatilización del fertilizante 	--	<ul style="list-style-type: none"> • Sobredosisificación y pérdida de nutrientes. 	--
Manejo Fitosanitario	<ul style="list-style-type: none"> • Estrés hídrico • Competencia de malezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Proliferación de patógenos y malezas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proliferación de insectos plaga. • Incremento de competencia por malezas. • Reducción de eficiencia de los productos fitosanitarios 	--	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de eficiencia de los productos fitosanitarios 	--	<ul style="list-style-type: none"> • Deriva de productos fitosanitarios 	--
Cosecha	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección y almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proliferación de patógenos de post-cosecha. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección y almacenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de heladas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección y almacenamiento. • Posibilidad de heladas. 	--	<ul style="list-style-type: none"> • Volcamiento y fractura de tallos. • Deriva de productos fitosanitarios a cultivos próximo a cosecha 	--

Tabla 2. Recomendaciones en las prácticas agronómicas según las variables agroclimáticas

PRÁCTICA AGRONÓMICAS	PRÁCTICA AGRONÓMICA RECOMENDABLE							
	PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO		TEMPERATURA		RADIACIÓN O BRILLO SOLAR		VIENTOS	
	Déficit	Exceso	Alta	Baja	Alto	Bajo	Vel. Altas	Vel. Bajas
Preparación del Terreno	• Labranza de suelos	• Sistemas de drenaje • Prácticas de conservación de suelos • Técnicas de labranza.	--	--	--	--	--	--
Siembra	• Riego programado (Diseño de sistemas de riego)	• Sistemas de drenaje.	• Riego programado (Estrés hídrico)	• Monitoreo continuo, posibilidad de heladas	• Riego programado (Estrés hídrico).	--	• Manejo de densidades • Profundidad de siembra	--
Fertilización	• Riego programado	• Sistemas de drenaje	• Técnicas de aplicación • Cronogramas de fertilización	--	• Riego programado	--	• Barreras cortavientos	--
Manejo Fitosanitario	• Riego programado	• Sistemas de drenaje. • Aplicaciones fitosanitarias.	• Aplicaciones fitosanitarias	--	• Riego programado • Aplicaciones fitosanitarias	--	• Cronogramas de aplicaciones fitosanitarias.	--
Cosecha	• Recolección y almacenamiento	• Secado y almacenamiento en lugares con ventilación	• Recolección y almacenamiento	•	• Recolección y almacenamiento	--	• Barreras cortavientos	• Recolección y almacenamiento

4 BIBLIOGRAFÍA

Allen, R., Luis S., P., Raes, D., y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos Documento FAO 56. Serie Riego y Drenaje. Roma.

Carbonell, J.A.; Quintero, R.; Torres, J.S.; Osorio Murillo, C.A.; Isaac Echeverri, C.H. y Victoria Kafure, J.I. 2011. Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (cuarta aproximación). Principios metodológicos y aplicaciones. Cali, Cenicaña. 119 p. (Serie Técnica No. 38)

Fedearroz, 2013. Curso teórico-práctico manejo integrado en el cultivo de arroz. Proyecto de Adopción masiva de Tecnología (AMTEC). Subgerencia técnica. 523 p.

Fenalce, 2012. Aspectos técnicos de la producción de maíz en Colombia. Fondo de Importación de Cereales. 222 pág.

Guerreo, R. 2002. Fertilización de cultivos en clima cálido. Monomeros Colombo Venezolanos. 290 p.

Hall, A. 2001. Crop Responses to Environment. CRC Press. 228 p.

Hollinger, S. y J. Angel. 2005. Weather and Crops. Illinois Agronomy Handbook report . 12.p

Hurtado, G., Mayorga, R., González, Y. 2008. Las Heladas en Colombia. METEO/003-2008. Bogotá: IDEAM 10 p.

Jaramillo, A., J. Arcila, E. Montoya y F. Quiroga. 2006. La radiación solar; consideraciones para su estudio en las plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). Meteorol. Colomb. 10: 12-22. . Bogotá, D. C. Colombia.

Jaramillo, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. 619 p.

Jaramillo, J. y M. Lobo. 1998. Hortalizas: Manual de asistencia Técnica No. 28. Instituto Colombiano Agropecuario. 546 p

Leiva, F. R. 2008. Agricultura de precisión en cultivos transitorios. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. 108 p.

Montenegro H, Malagón D. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Subdirección Agrológica, Colombia, 813 p.

Pessarakli, M.2014. Handbook of plant and crop physiology. Third edition. Taylor & Francis. 1018 p.

Pirson, A. y M.H, Zimmermann,1982. Encyclopedia of Plant Physiology. Physiological Plant Ecology II Water Relations and Carbon Assimilation. Springer 746 p.

Salisbury, F. y C. Ross. 2000. Fisiología de las plantas. Ediciones paraninfo. 756 p.

Schowalter, T. 2011. Insect ecology An Ecosystem Approach. Third Edition. Elsevier, Londres, Reino Unido.

Soltani, A., Sinclair, T.R., 2012. Modeling Physiology of Crop Development, Growth and Yield. CAB International, Wallingford, UK. 338

UNIVERSIDAD DE ILLINOIS. 2014. THE WEATHER AND PLANT DISEASES. En: Illinois IPM, <https://ipm.illinois.edu/diseases/rpds/1003.pdf>. Consultado el 16 de Agosto de 2018.

UN-UPRA, 2014 Metodología de evaluación de tierras con fines agropecuarios a escala semidetallada (1:25.000). 191 p.