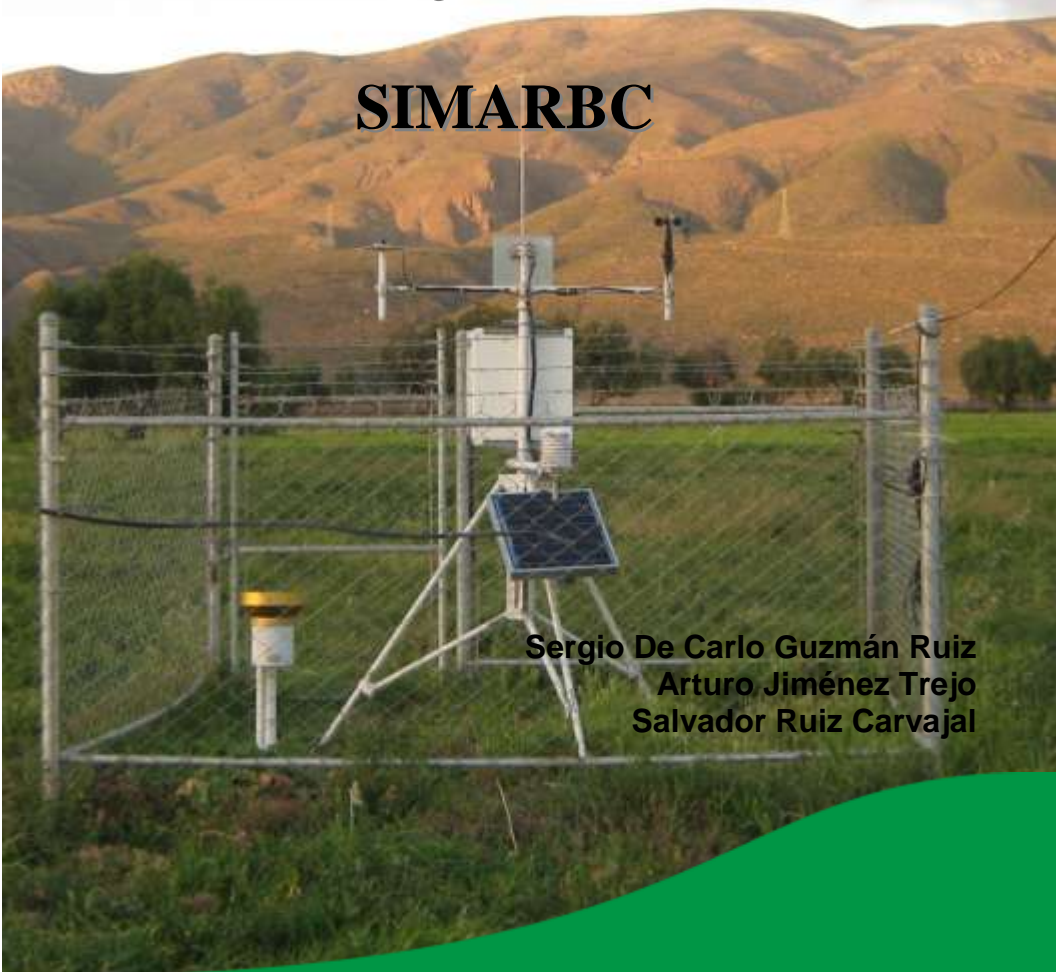




Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

# **Sistema de Información Para el Manejo del Agua de Riego en el Estado de Baja California**

## **SIMARBC**



**Sergio De Carlo Guzmán Ruiz  
Arturo Jiménez Trejo  
Salvador Ruiz Carvajal**

## **DIRECTORIO INSTITUCIONAL**

### **SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

**Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda**

*Secretario*

**Lic. Mariano Ruiz Funes Macedo**

*Subsecretario de Agricultura*

**Ing. Ignacio Rivera Rodríguez**

*Subsecretario de Desarrollo Rural*

**Lic. Pedro Adalberto González Hernández**

*Subsecretario de Fomento a los Agronegocios*

### **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS**

**Dr. Pedro Brajcich Gallegos**

*Director General*

**Dr. Enrique Astengo López**

*Coordinador de Planeación y Desarrollo*

**Dr. Salvador Fernández Rivera**

*Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación*

**Lic. Marcial A. García Morteo**

*Coordinador de Administración y Sistemas*

### **CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NOROESTE**

**Dr. Erasmo Valenzuela Cornejo**

*Director Regional*

**Dr. Miguel A. Camacho Casas**

*Director de Investigación*

**Dr. Jesús Arnulfo Márquez Cervantes**

*Director de Planeación*

**Lic. José Silva Constantino**

*Director de Administración*

### **CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DE MEXICALI**

**Ing. Mario Camarillo Pulido**

*Director de Coordinación y Vinculación en Baja California.*



# **Sistema de Información Para el Manejo del Agua de Riego en el Estado de Baja California SIMARBC**

**Sergio De Carlo Guzmán Ruiz  
Arturo Jiménez Trejo  
Salvador Ruiz Carvajal**

Investigador Titular INIFAP CIRNO CEMEXI  
Jefe del Dpto. de Optimización Agrícola SFA Gob Edo BC  
Maestro Investigador ICA UABC

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias.**

Progreso No. 5 Barrio de Santa Catarina  
Delegación Coyoacán  
C.P. 04010 México, D.F.  
Teléfono (55) 3871-8700

ISBN 978-607-425-195-1

Primera Edición 2009

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escri-

---

to a la institución.	Contenido
Introducción.....	4
¿Qué es la red de estaciones SIMARBC?.....	5
¿Cómo puedo obtener información de SIMARBC? .....	8
¿Cómo trabaja la red agrometeorológica?).....	8
Componentes de cada estación agrometeorológica.....	9
<b>Sensores</b>	
Pluviómetro.....	10
Anemómetro y Veleta.....	10
Piranómetro:.....	10
Sensor de temperatura y humedad relativa.....	11
Temperatura del suelo.....	11
<b>Accesorios</b>	
Panel solar.....	11
Regulador de voltaje.....	11
Tripie.....	12
Antena Pararrayos.....	12
¿Porque Usar el SIMARBC?.....	12
Medición de la Evapotranspiración de Cultivo.....	12
Coefficientes de Cultivo.....	13
Estimación de la Evapotranspiración de Cultivo.....	13
¿La información del SIMARBC tiene otros usos?.....	14
Bibliografía.....	15
Glosario de términos.....	16

## Introducción.

El clima mediante su estrecha relación con la agricultura determina como se realizan las actividades en este sector productivo entonces, la recopilación de la información relacionada a el tiempo atmosférico es vital para el adecuado desempeño de la agricultura.

En el tiempo en que se desarrollan los cultivos, recopilar información sobre variables como: Temperatura y humedad ambiental, precipitación, radiación solar, velocidad y dirección del viento entre otras, permite tomar las decisiones mas adecuadas para su manejo, dado que la demanda de agua por las plantas, la presencia de plagas, enfermedades y la duración de los ciclos vegetativos dependen significativamente del clima.

En el estado de Baja California, se estableció una red de estaciones agrometeorológicas automatizadas, como una herramienta que permitiera para tomar las decisiones mas adecuadas, en la agricultura principalmente, en cuanto al manejo del agua de riego para los cultivos.

El uso de esta estaciones reduce considerablemente los posibles errores humanos en la colecta de datos y permite concentrar grandes cantidades de información acerca del clima y po-

nerla disponible en corto tiempo. El Gobierno del Estado de Baja California, con apoyo de Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); actualmente están desarrollando el Sistema de Información para el Manejo del Agua de Riego de Baja California (SIMARBC) con el propósito de dar a los productores las herramientas necesarias para el manejo y el uso eficiente del agua de riego en el Valle de Mexicali y en la Zona Costa.

El objetivo de la presente publicación es mostrar a los agricultores y técnicos información sobre el uso potencial y la aplicación práctica de los datos meteorológicos para el manejo del agua de riego.

## **¿Qué es la red de estaciones SIMARBC?**

EL Sistema de información para el manejo del agua de riego de Baja California (SIMARBC) es una red integrada al mes de Julio de 2009, por 15 estaciones agrometeorológicas automatizadas localizadas en sitios agrícolas en todo el Estado para proporcionar información del clima todos los productores en general. Es una herramienta práctica, fácil y útil para alcanzar el uso eficiente

Sistema de Información Para el Manejo del Agua de Riego en el Estado de Baja California



Grafica 1 Distribución geográfica en el estado de las 15 estaciones agrometeorológicas automatizadas del SIMARBC

del agua de riego. La información generada por las estaciones auxilia para la determinación de las necesidades de agua para saber cuando y cuanta agua aplicar.

Entonces el objetivo del SIMARBC es proveer información sobre tasas de evapotranspiración de referencia (Eto), a los productores agrícolas, organismos operadores y distribuidores encargados del manejo del agua, con la finalidad de establecer calendarios de riego específicos para cada región y lograr una óptima y eficiente aplicación del agua a los cultivos agrícolas.



**ANTECEDENTES**



En Enero de 2002 la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA), la Universidad de California (UC), el Departamento de Recursos del Agua de California (CDWR), Fundación Produce, A.C. y la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), coordinaron esfuerzos para establecer dos estaciones Agro-climáticas en el Valle de Mexicali, con la finalidad de proveer tasas de evapotranspiración de referencia (ETo) a los productores agrícolas del Valle de Mexicali, organismos operadores y distribuidores encargados del manejo del agua de riego (Red Mayor, Asociaciones de Usuarios y Módulos de Riego). Este primer paso, fue el principio para establecer y desarrollar un proyecto a nivel estatal que en una primera etapa permitirá establecer una red de 12 estaciones Agro-climáticas, con lo cual se podrán generar los coeficientes de cultivo (Kc) y consecuentemente elaborar programas de cómputo adecuados a las necesidades de la región, para el desarrollo de calendarios de riego y una óptima y eficiente aplicación del agua a los cultivos agrícolas.



Secretaría de Fomento Agropecuario del Estado de Baja California  
 Carretera a San Luis Km 22.5 Ejido Sinaloa  
 C.P. 21920 Mexicali B.C.  
 Tel. (686) 561- 73-00

Diseño y Desarrollo por la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable en S.C. "ODIDRUBC"

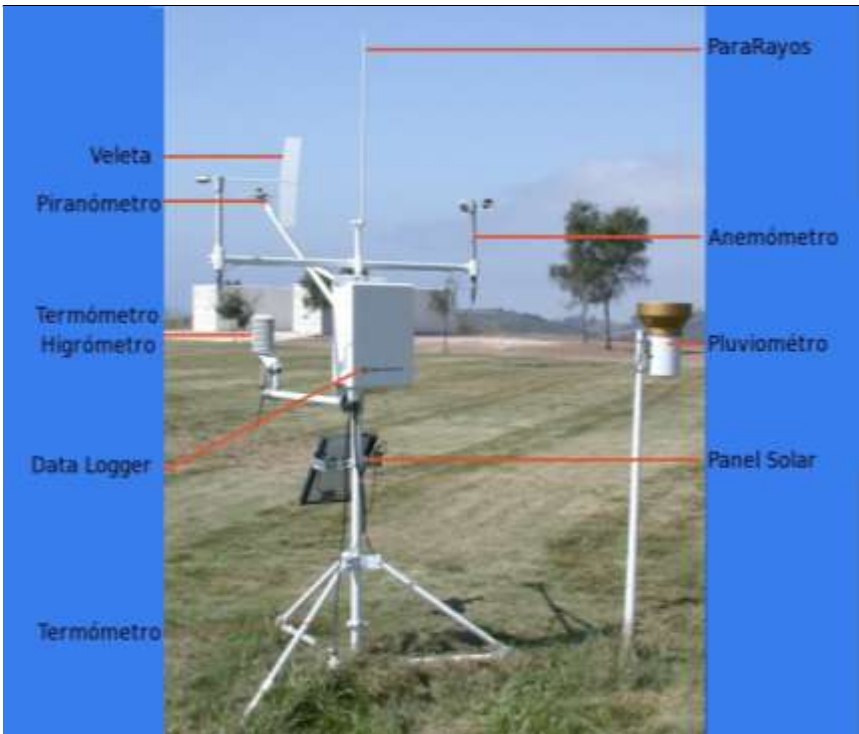
Grafica 2 Página Web <http://www.sfa.gob.mx/SIMARBC> de acceso a la información mediante el Internet

## **¿Cómo puedo obtener información de SIMARBC?**

La información de SIMARBC se puede obtener por medio de Internet, ingresando a la página, <http://www.sfa.gob.mx/SIMARBC>, del servidor de la Secretaria de Fomento Agropecuario del Gobierno del Estado de Baja California. Aquí se encuentra la información de 14 variables agroclimatológicas desglosadas por hora, día, mes y año. La página web, cuenta con un menú de acceso a las opciones: SIMARBC. Estaciones, Datos, Descargas, Ligas de Interés y Buzón de sugerencias. En la opción de SIMARBC, encontrará la información necesaria para conocer más a detalle la función y alcances del SIMARBC En la opción de ESTACIONES, se presentaran las 15 estaciones establecidas en todo el estado, la ubicación geográfica con imagen fotográfica de cada una, así como el status de las mismas.

## **¿Cómo trabaja la red agrometeorológica?**

Los datos agroclimatológicos se registran en cada estación de la red y son transferidos, mediante una llamada de teléfono celular, a una computadora central que esta ubicada en el Centro de Atención al campo, (CECAM) del Gobierno del estado, en el Eji-do Sinaloa, del Valle de Mexicali. Los datos se recopilan 24 horas después de haber sido medidos por los sensores de la es-



Gráfica No. 3 Principales componentes de una estación agrometeorológica automatizada, de la red SIMARBC

tación. Una vez que han sido analizados y validados se almacenan y están disponibles a los productores.

### **Componentes de cada estación agrometeorológica.**

En la Gráfica 3, se pueden observar los principales componentes de una estación típica del SIMARBC, clasificados como sensores y accesorios.

## **Sensores.**

**Pluviómetro:** El método mas sencillo empleado para medir la cantidad de lluvia se basa en el empleo del pluviómetro. Consiste en un depósito de lámina en cuya parte superior se inserta un embudo receptor de área conocida y en el depósito se realizan las mediciones mediante un balancín de switch magnético que sirve para determinar la precipitación pluvial en lámina acumulada (mm) de agua registrada cada 24 horas.

**Anemómetro y Veleta:** Sirven para determinar la velocidad y dirección de viento que pasa por la estación en un periodo de tiempo dado. La veleta para determinar la dirección del viento y el anemómetros para medir su velocidad. La velocidad se mide en metros por segundo (m/s) o Kilometros por hora (km/hr). La dirección se expresa en grados de azimut o puntos cardinales N, S, E, O, NE, NO, SE y SO. Cuando no existe movimiento del aire en forma apreciable se le llama “calma”, esta situación corresponde a una velocidad del viento inferior a un nudo.

**Piranómetro:** Este sensor, permite medir la radiación solar global total. Que es el flujo de energía que se recibe del sol, forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias. Se mide en Calorías por centímetro cuadrado por día ( $\text{cal/cm}^2/\text{día}$ ), o en Watts por metro cuadrado ( $\text{W/m}^2$ ).

**Sensor de temperatura y humedad relativa:** Como su nombre lo indica estos dos sensores permiten medir, la temperatura o el contenido de energía calorífica del ambiente y se expresa en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ). La humedad en el ambiente o humedad relativa, se mide como el contenido de vapor de agua del aire y se expresa en porcentaje (%).

**Temperatura del suelo:** Este sensor consiste de un termistor encapsulado y colocado en un tubo de aluminio lleno de material aislante, que se coloca en suelo a una profundidad de 12 cm. Mide la temperatura del suelo y se expresa en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### **Accesorios.**

**Panel solar.** Este accesorio es el encargado de proveer la energía necesaria para la operación de los instrumentos, la cual se almacena en una batería de 12 Volts.

Un almacenador de datos (**data logger**) o modulo de control y medición: tiene la capacidad de almacenar hasta 3 años de datos, continuos, aunque una vez que alcanza su capacidad máxima suprime la información más antigua para almacenar el dato mas nuevo. Además calcula la evapotranspiración potencial y se expresa en mm por día.

**Regulador de voltaje:** Para proteger el equipo y mantener el voltaje necesario dentro de la estación.

**Teléfono:** de línea cableada o celular, dependiendo de cada estación, la tendencia en este sentido es que sea celular y por medio de una red privada virtual, se transmita la información a la computadora central.

**Tripie:** Sirve de sostén de todos los componentes de la estación.

**Antena pararrayos:** como medida de precaución en caso de lluvias.

## ¿Porque Usar el SIMARBC?

El sistema auxilia a los productores y técnicos en general a usar de forma inmediata, los datos climatológicos involucrados en el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos, mediante un valor único, llamado *evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>)*.

La evapotranspiración potencial, o también conocida como evapotranspiración de referencia (ET<sub>r</sub>), es la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde, bien regada, de altura uniforme, creciendo activamente y dando sombra totalmente al suelo. Las estaciones del SIMARBC la E<sub>to</sub> puede ser obtenida del reporte diario.

### **Medición de la Evapotranspiración de Cultivo.**

La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de

agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser hora, día, 10 días, mes o incluso un ciclo completo de cultivo o un año.

De La  $ET_c$  puede ser estimada a partir de datos meteorológicos y del cultivo utilizando la ecuación de Penman-Monteith. (Allen, et al. 2006)

De acuerdo con Brown et al. (2001) mediante el enfoque del coeficiente del cultivo ( $K_c$ ), la  $ET_c$  se calcula como el producto del  $K_c$  y la evapotranspiración potencial ( $ET_o$ ).

$$ET_c = K_c ET_o$$

Donde:

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo [ $mm\ d^{-1}$ ],

$K_c$  = Coeficiente del cultivo [a dimensional],

$ET_o$  = Evapotranspiración del cultivo de referencia [ $mm\ d^{-1}$ ].

La mayoría de los efectos de los diferentes factores meteorológicos se encuentran incorporados en la estimación de  $ET_o$ . Por lo tanto, mientras  $ET_o$  representa un indicador de la demanda climática, el valor de  $K_c$  varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, varía en una pequeña proporción en función del clima.

### ***Coeficientes de Cultivo***

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo, del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores  $K_c$ , estos coeficientes de cultivo se pue-

den encontrar en las publicaciones de diversos autores, entre los que destacan Doorenbos y Pruitt (1977).

### ***Estimación de la Evapotranspiración de Cultivo***

La estimación del consumo de agua por los cultivos resulta tan sencilla como multiplicar los coeficientes de cultivo, por los valores de  $E_{to}$  que reporta el SIMARBC, diariamente en cada una de las estaciones climatológica automatizadas que conforman la red

### **¿La información del SIMARBC tiene otros usos?**

El Sistema también provee beneficios que no están relacionados con el riego; puede ser usado por los entomólogos para el Control Integrado de Plagas. El programa del Control Integrado de plagas de la Universidad de California (IPM) obtiene datos de su sistema de información: California Irrigation Management System diariamente (CIMIS) . El IPM usa los datos de CIMIS para los cálculos de los “grado- día”, los cuales son usados por los entomólogos para recomendar a los productores en el control de plagas. Algunos productores también usan los datos de CIMIS cuando toman decisiones en el manejo de las plagas. Los beneficios del manejo de plagas incluyen aplicaciones reducidas de pesticidas, mejoramiento de la calidad del cultivo y riesgos reducidos de los daños del cultivo.

Los “grado-día” son también usados ampliamente para la producción e industria de conservas en la predicción de germinación, madurez y fechas de siembra y de cosechas de muchos tipos de productos para consumo en fresco.

La información del SIMARBC es también útil para el manejo de la calidad del aire, manejo de la vida silvestre y protección de incendios, aunque estos beneficios son difíciles de cuantificar. Usuarios adicionales del sistema incluyen a los ingenieros de aguas residuales, diseñadores de repertorios de agua, abogados y arquitectos del paisaje, entre otros..

## ***Bibliografía***

Allen RG, Pereira LS, Raes D, and Smith M. 2006. “Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”, Estudios FAO Riego y Drenaje 56, ISSN 0254-5293, Roma.

Brown P., Mancino C.F., Young M.H., Thompson T.L., Wierenga P.J., and Kopec D.M. 2001 “Penman Monteith Crop Coefficients for Use with Desert Turf Systems” Crop Sci. 41:1197–1206 (2001).

De León, M. B. 1998. Tecnificación del riego en México. In Primer Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. UABC. Mexicali, B. C.

Doorenbos J and Pruitt WO. 1977. “Crop water requirements”, FAO Irrig. and Drain. Paper 24, FAO of the United Nations, Rev. Rome: pp. 144

Grageda, G. J., Osorio A.G., Sabori P. R. Y Ramírez A. J. L. 2002. Uso de Estaciones Meteorológicas automatizadas en la Agricultura. INIFAP-Campo Experimental costa de Hermosillo. PIEAS, AC. México.

Medina, G. G., Grageda, G. J., Ruiz, C. J., Báez, G. A. 2008. Uso de Estaciones Meteorológicas en la Agricultura. INIFAP Campo Experimental Zacatecas, México.

Félix, P.V., Leyva, C.J., Ortiz, E. E., Quintana, Q. J., Grageda, G. J. y Jiménez O. G. Comportamiento Histórico y Tendencia del Clima en la Zona Agrícola y Pecuaria del Sur de Sonora. Libro Técnico No4 ISBN 978-607-425—109-8. INIFAP CIRNO Campo Experimental Valle del Yaqui

## **Glosario de términos**

**AGROMETEOROLOGIA.** Rama de la meteorología dedicada al estudio de los elementos meteorológicos y climáticos, así cómo su influencia en las actividades agrícolas.

**AIRE.** Mezcla de diversos gases, en ausencia de polvo y de vapor de agua, cuya proporción se mantiene constante hasta una altura aproximada de 20 Km. Los principales componentes son el nitrógeno y el oxígeno con una proporción del 78 y el 21 %, respectivamente, en el 1% restante se incluyen gases como: ozono, vapor de agua, anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y algunos gases nobles (argón, radón, etc.).

**AIRE HUMEDO.** Se denomina al aire que contiene una humedad relativa superior al 80%. Término muy utilizado en meteorología dinámica y operativa.

**AIRE SATURADO.** Es el aire que contiene la cantidad máxima de vapor de agua posible para una temperatura y una presión dadas (100% de humedad).

**ANEMOMETRO.** Es el instrumento diseñado para determinar la velocidad o fuerza del viento en superficie.

**CALMA.** Es el registro de vientos menores a 2 nudos o la ausencia de todo movimiento perceptible del aire.

**CLIMA.** Es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un período largo de tiempo. El clima de una localidad viene determinado por los factores climatológicos: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad.

**CLIMATOLOGIA.** Ciencia dedicada al estudio de los climas con relación a sus características, variaciones, distribución, tipos y posibles causas determinantes.

**EVAPORACION.** Cambio de fase del agua de un estado líquido a sólido por absorción de calor. Se produce una circulación que va de los cuerpos de agua hacia la atmósfera. A mayor evaporación la atmósfera

estará más húmeda llegando más rápido a un estado de saturación, lo que eleva la probabilidad de precipitaciones.

**EVAPOTRANSPIRACION.** Es la combinación de procesos de evaporación del agua y transpiración de las plantas y animales por medio de la cuál el agua es transferida a la atmósfera desde la superficie terrestre.

**HUMEDAD.** Es el contenido de vapor de agua del aire; puede ser expresado como humedad absoluta, específica, relativa o razón de mezcla.

**HUMEDAD ABSOLUTA.** En un sistema de aire húmedo, es la razón de la masa del vapor de agua respecto al volumen total del sistema; usualmente expresada en gramos por metro cúbico.

**METEOROLOGIA.** Ciencia que estudia la atmósfera, comprende el estudio del tiempo y el clima y se ocupa del estudio físico, dinámico y químico de la atmósfera terrestre.

**PLUVIOMETRO.** Es un instrumento que se utiliza para medir la altura de la precipitación.

**PRECIPITACION.** Partículas de agua líquida o sólida que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.

**PRESION ATMOSFERICA.** Es la presión que ejerce la atmósfera en un punto específico como consecuencia de la acción de la fuerza de gravedad sobre la columna de aire que se encuentra encima de este punto.

**PUNTO DE ROCÍO** (Temperatura de punto de rocío). Es la temperatura a la cuál el aire alcanza la saturación, es decir se condensa.

**ROCÍO.** Es el agua condensada sobre los objetos ubicados cerca de la superficie terrestre y se debe al descenso de la temperatura más allá de la temperatura de punto de rocío, lo que resulta en la condensación del vapor de agua contenido en el aire.

**SATURACION.** Condición del aire que se presenta cuando la cantidad de vapor de agua que contiene es el máximo posible para la temperatura existente

**SEQUIA.** Situación climatológica anormal que se da por la falta de precipitación en una zona, durante un período de tiempo prolongado. Esta ausencia de lluvia presenta la condición de anómala cuando ocurre en el período normal de precipitaciones para una región bien determinada. Así, para declarar que existe sequía en una zona, debe tenerse primero un estudio de sus condiciones climatológicas

**TEMPERATURA AMBIENTE.** Es la temperatura del aire registrada en el instante de la lectura.

**TEMPERATURA MAXIMA.** Es la mayor temperatura registrada en un día, y que se presenta entre las 14:00 y las 16:00 horas.

**TEMPERATURA MINIMA.** Es la menor temperatura registrada en un día, y se puede observar en entre las 06:00 y las 08:00 horas.

**TERMOMETRO.** Instrumento que se utiliza para medir la temperatura, consiste en un tubo de cristal graduado con un tubo insertado relleno de líquido, el cual se dilata o comprime según la temperatura y sobre la base de la altura que alcance se lee en la escala graduada.

La presente Publicación se terminó de imprimir en el mes de Agosto del 2009, en los Talleres Gráficos de Aplicaciones Gráficas, Heroico Colegio Militar No. 985 L-2 Colonia Pueblo Nuevo, C.P. 21120, Tel: (686)5561811 Mexicali, B. C. Correo electrónico [aplicacionesgraficas1@prodigy.net.mx](mailto:aplicacionesgraficas1@prodigy.net.mx)  
Su tiraje consta de 500 ejemplares

La impresión de esta publicación y la información contenida en esta, fue posible debido al apoyo económico otorgado al INIFAP, durante el proceso de investigación por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

## **COMITÉ EDITORIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DE MEXICALI**

### **Presidente**

Ing. Mario Camarillo Pulido

### **Secretario**

MC. Eduardo Loza Venegas

### **Vocales Agrícolas**

Dr. Cesar Valenzuela Solano

MC. José Luis Herrera Andrade

### **Vocales Pecuarios**

MC. Juan A. Chávez Durón

### **Diseño de Portada e interiores:**

MC Sergio De Carlo Guzmán Ruíz

### **Edición y Revisión:**

Comité Editorial del CEMEXI

CAMPO EXPERIMENTAL VALLE DE MEXICALI – INIFAP

Km 7.5 Carretera a San Felipe

Apartado Posta 309

**21700, Mexicali, Baja California, México**

Teléfonos: (686) 563-6043; 563-6055 y 563-6180

Correo electrónico

Dirección.bc@inifap.gob.mx

# inifap

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**SAGARPA**



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



**CONACYT**