

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**SIMULACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN
ORIENTADA A LA
OPERACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO EN EL CULTIVO
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L)**

POR

FELIPE HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

TÉSIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Diciembre del 2000

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**SIMULACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN
ORIENTADA A LA
OPERACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO EN EL CULTIVO
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L)**

POR:

FELIPE HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para Obtener el título de:**

Ingeniero Agrónomo en Irrigación.

APROBADA POR:

**M.C. Gregorio Briones Sánchez.
Asesor Principal Interno**

**M.C. J. Manuel Covarrubias R
Asesor Principal Externo**

**M.C. Lindolfo Rojas Peña
Asesor**

**Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho
Asesor**

**Ing. Jesús R. Valenzuela García
Coordinador de la División De Ingeniería**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Diciembre del 2000

AGRADECIMIENTOS .

A Dios:

Por darme el don más maravilloso: la VIDA; por permitirme lograr el sueño de mi infancia: "ser Ingeniero"; por iluminar mi sendero y por darme entendimiento en momentos decisivos de mi vida.

A mis Padres:

Infinitamente a mi papá el señor José Hdez Glez. por todos sus consejos brindados y guiarme siempre por el camino del bien, pero sobre todo, por hacerme valer a mi mismo e inculcarme el valor de luchar por mis aspiraciones; con todo respeto, ¡Mil gracias papá!.

Mil gracias mamá por brindarme tu amor y confianza, por estar siempre conmigo en los momentos mas difíciles de mi vida, gracias por enseñarme a sonreír y mantener la calma ante la adversidad, gracias por todas tus preocupaciones y desvelos durante el tiempo que estuve lejos de ti, pero sobre todo, gracias por quererme mamá.

A mis hermanas:

Mary y Eufemia, por confiar en mi y dedicar gran parte de su vida apoyándome siempre durante mi formación académica.

A la Señorita Trinidad Martínez Orozco:

Por todo su apoyo hacia mi familia y todos los buenos consejos que me ha brindado, por su gran nobleza y por compartir con mi hermana Mary lo mas grandioso que hay en la vida: la AMISTAD.

A mi familia en general

Entre ellos Fidencio y Eusebia quienes de alguna manera me apoyaron dándome ánimos en momentos difíciles, asimismo, extiendo mis agradecimientos a Javier mi sobrino, por contar con su incondicional apoyo.

A mi Alma Mater:

Por albergarme durante mi formación profesional alojándome en sus aulas y nutriéndome de conocimientos que me llevaría al logro de mis aspiraciones.

Al INIFAP Campo experimental "Sierra de Arteaga"

Por conducto del Ing. J. Manuel Covarrubias R. que me brindaron todo el apoyo económico y de transporte para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Comité de Asesoría.

Dr J.de Jesús Cortés Bracho, M.C Gregorio Briones Sánchez, M.C J. Manuel Covarrubias R. y M.C Lindolfo Rojas Peña; por dedicarme parte de su tiempo y asesorarme durante el desarrollo de la presente investigación, y por compartir conmigo sus conocimientos, en especial al Ing. Briones por hacer varias aportaciones durante la revisión final del trabajo.

DEDICATORIAS

A MIS SOBRINOS:

Javier, Ma. Concepción, Juan Carlos, y los pequeñines Luis Alberto Guerrero, Luis Fidencio, Alma Azucena, Rocío del Alba e Iris Jaqueline. A quienes deseo mucho éxito y se forjen el deseo de superación

CON MUCHO AFECTO A MIS MEJORES AMIGOS:

Adrián M. Peña, Nellybeth R. Mtz., Ma. Del Carmen G. Olvera., Víctor Hugo J. Olguin (†); Rosalinda C. Mtz., Julio A. Claudez, Juan J. Andrés, Miguel S. López, Wilber Honorio P., Cutberto A. P, Jazmín Avila Barrientos, Pedro B. Pérez y Mauricio E. Guzman.

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACION:

Joaquin M. Estrada., Lidia Yesenia Buendia R., Justino Gutiérrez M., Arturo Meza F., Jesús Zamudio Alvarado P., José Ignacio Maas D., Aristeo., Alexis de los Santos C., Omar Moreno A., y Jorge Elí.

RESUMEN.

El presente proyecto de investigación consistió en comparar cuatro modelos simulativos de ETP, mediante, información climática generada por medio de estaciones agroclimáticas automatizadas Monitor II de la Compañía Davis, en cuatro localidades de la Región productora de papa de Coahuila y Nuevo León con el propósito de verificar cual modelo se aproxima a seguir la tendencia de la ET real en el cultivo de papa. Las variables climáticas que las estaciones registran son: Temperatura, Precipitación, Humedad relativa, velocidad y dirección del viento; de ahí que, haya sido necesario documentarse por medio de una revisión bibliográfica para poder hacer estimaciones de: radiación solar, (R_s), Porcentaje de horas luz durante el día (p) y radiación extraterrestre (RA); ya que, las comparaciones hechas corresponden a dos métodos de temperatura que son el modelo de 1).- Blaney y Criddle modificada por FAO – 24 (1977); 2).- Hargreaves – Samani (1985) y dos métodos de radiación que corresponden al modelo de 3).- Método combinado de Penman (1948) y 4).- Método de Jensen – Haise.

La forma en que se realizó el trabajo, consistió básicamente, en ir bajando la información de las estaciones agroclimáticas cada fin de semana durante el ciclo del cultivo por medio de una computadora portátil e ir obteniendo promedios diarios de las variables, ya que, las estaciones las registra en un periodo de tiempo de 30 minutos; habiendo capturado esta información; en un ordenador de datos (en este caso EXCEL) se sustituyeron las variables requeridas por cada uno de los cuatro modelos comparados para obtener los valores de ETP y así poder compararlos con los valores de ET real medidos por medio de tensiómetros instalados a una profundidad de 15 y 30 cm, cuya tensión se mantuvo en un rango de 0 a 70 centibares para el caso de las localidades en que se irriego con sistema de riego por aspersión y, de 0 a 53 Cb para el caso de la localidad de El Jame, en donde el riego se aplico con cinta de goteo.

Es importante señalar que de las cinco estaciones que se contemplaba estudiar, solo en tres de ellas fue posible, dado que para la localidad de El Cristal no fue posible realizar la medición de tensiones en el suelo; y, en la localidad del Jame los valores de ET real eran, con respecto, a la ETP estimado; demasiado grande.

La comparación estadística de los modelos se realizó por medio de un análisis de los errores reducidos y aplicando una prueba t – student bajo el supuesto de que los errores reducidos son variables aleatorias independientes y que se distribuyen normalmente con media cero y varianza uno $N \sim (0, 1)$.

Una vez hecha la comparación entre métodos en las tres localidades (Emiliano Zapata, Los Lirios y El Tunal) se observó que el Modelo que más se aproximó a la línea de tendencia de la ET real fue el método de Jensen – Haise; aunque también, se observa que es el método que presenta mayor coeficiente de variación con respecto a los demás, esto explica en gran medida la constante variación del estado atmosférico dentro de la región.

El orden de precisión de los modelos es como sigue: 1).-**Jensen Haise**; 2).-**Blaney y Criddle Modificado por FAO 24**; 3).- **Método combinado de Penman** y 4).- **Hargreaves Samani**.

Una vez adecuado un modelo que tendiera a predecir la ET se procedió a obtener el Kc del cultivo para lo cual se dividió la ET real entre la ETP estimada, dando por resultado el Kc experimental, el cual; fue correlacionado con respecto a los Días Grado Crecimiento (D.G.C) para ajustarlo a una ecuación cuadrática.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Modelación de la evapotranspiración.....	2
1.2 Confiabilidad y evaluación de modelos de ET.....	2
1.3 Objetivos e Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Definiciones.....	5
2.1.1 Transpiración.....	5
2.1.2 Evapotranspiración.....	5
2.1.3 Uso consuntivo.....	5
2.1.4 Evapotranspiración potencial de referencia	5
2.1.5 Evapotranspiración real o actual.....	6
2.1.6 Coeficiente de desarrollo del cultivo.....	6
2.2 Medición de la evapotranspiración	6
2.2.1 Métodos directos.....	6
2.2.1.1 Método gravimétrico.....	6
2.2.1.2 Método lisimétrico.....	8
2.2.1.3 Balance de agua.....	8
2.2.1.4 Método de balance de energía.....	9
2.2.2 Métodos indirectos.....	9
2.2.2.1 Método de Blaney y Criddle.....	10
2.2.2.2 Método de Hargreaves Samani.....	12
2.2.2.3 Método de Jensen Haise.....	13
2.2.2.4 Método de combinación de Penman.....	14
2.3 Descripción de variables y métodos de calculo.....	15
2.3.1 Velocidad total del viento.....	15
2.3.2 Presión de vapor a saturación.....	16
2.3.3 Promedio de la presión de vapor a saturación.....	17

2.3.4 Déficit en la presión de vapor a saturación.....	17
2.3.5 Radiación neta.....	19
2.3.6 Radiación solar.....	20
2.3.7 Radiación solar extraterrestre.....	21
2.4 Coeficiente de desarrollo del cultivo.....	22
2.4.1 Modelos para estimar el Kc.....	22
2.4.1.1 Estimación del coeficiente de desarrollo del cultivo (Kc) en función del desarrollo vegetativo relativo (DVR)	23
2.4.1.2 Modelo para estimar el Kc en función de los días grado crecimiento (DGC).....	24
2.5 Requerimientos hídricos del cultivo de papa.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Descripción del área de estudio.....	27
3.1.1 Localización.....	27
3.1.2 Suelos.....	27
3.1.3 Sistema de Riego.....	28
3.2 Manejo del cultivo.....	28
3.3 Modelos comparados.....	29
3.4 Análisis Estadístico de los Modelos.....	30
3.4.1 Análisis de Regresión del Modelo Seleccionado.....	32
3.5 Datos climáticos registrados.....	35
3.6 Medición de la evapotranspiración.....	35
3.7 Datos estimados.....	36
3.8 Determinación del Kc.....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1 Coeficiente de Variación de los Modelos.....	38
4.2 Modelo de mejor aproximación.....	39
4.3 Incertidumbre Estadística de la Modelación de ET.	41

4.3.1 Ensayo de Hipótesis para la $M_R = 0$ e intervalo de confianza para de la M_R de cada uno de los Modelos.....	43
4.3.2 Ensayo de Hipótesis para la $S^2_R = 1$ e Intervalo de confianza para la S^2_R de cada uno de los Modelos.....	44
4.4 Análisis de tendencias.....	46
4.4.1 Análisis de Regresión del Modelo de Jensen Haise seleccionado....	48
4.4.2 Ensayo de Hipótesis para verificar la significación de la regresión del Modelo de Jensen Haise Seleccionado.....	52
4.4.3 Ensayo de Hipótesis a los coeficientes de regresión del Modelo de Jensen Haise seleccionado.....	53
4.4.4 Análisis de varianza del modelo de Jensen Haise seleccionado para verificar la significación de la regresión.....	54
4.4.5 Regresión de Modelos no seleccionados.....	55
4.5 Valores de K_c obtenidos.....	56
CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	61
APÉNDICE “A”	65
APÉNDICE “B”	82
APÉNDICE “C”	106
APÉNDICE “D”	109

ÍNDICE DE TABLAS

No.	DESCRIPCIÓN	Pag.
2.1	Coefficientes experimentales que dependen de la región climatológica para calcular la radiación de onda corta.....	21
3.1	Ubicación de localidades con estación Agroclimática.....	27
3.2	Datos de textura del suelo para las localidades de estudio.....	27
3.3	Sistema de Riego empleado en cada localidad de estudio.....	28
3.4	Ciclo vegetativo y variedad estudiada en cada localidad.....	28
4.1	Ensayo de Hipótesis para la $M_R = 0$ e Intervalo de confianza de los Modelos comparados en la localidad de Emiliano Zapata.....	43
4.2	Ensayo de Hipótesis para la $M_R = 0$ e Intervalo de confianza de los Modelos comparados en la localidad de San Francisco.....	43
4.3	Ensayo de Hipótesis para la $M_R = 0$ e Intervalo de confianza de los Modelos comparados en la localidad de El Jame.....	43
4.4	Ensayo de Hipótesis para la $M_R = 0$ e Intervalo de confianza de los Modelos comparados en la localidad de El Tunal.....	43
4.5	Ensayo de Hipótesis para las $S^2_R = 1$ e intervalo de confianza de los Modelo en para la localidad de Emiliano Zapata.....	44
4.6	Ensayo de Hipótesis para las $S^2_R = 1$ e intervalo de confianza de los Modelo en para la localidad de San Francisco.....	44
4.7	Ensayo de Hipótesis para las $S^2_R = 1$ e intervalo de confianza de los Modelo en para la localidad de El Jame.....	45
4.8	Ensayo de Hipótesis para las $S^2_R = 1$ e intervalo de confianza de los Modelo en para la localidad de El Tunal.....	45
4.9	Estadístico t – student aplicado a los coeficientes de regresión del modelo seleccionado.....	53
4.10	Coefficiente de determinación del modelo seleccionado y relación ETP/ ET medida.....	53
4.11	Análisis de varianza (Localidad de Emiliano Zapata).....	54
4.12	Análisis de varianza (Localidad de San Francisco).....	54

No.	DESCRIPCIÓN	Pag
4.13	Análisis de varianza (Localidad de El Tunal).....	54
4.14	Análisis de varianza (Localidad de El Jame).....	54
4.15	Análisis de regresión a los modelos no seleccionados en la localidad de San Francisco.....	55
4.16	Análisis de regresión a los modelos no seleccionados en la localidad de El Tunal.....	55
4.17	Análisis de regresión a los modelos no seleccionados en la localidad de Emiliano Zapata.....	55
4.18	Análisis de regresión a los modelos no seleccionados en la localidad de El Jame.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	DESCRIPCIÓN	Pag
4.1	Comparación entre modelos en la localidad de Emiliano Zapata.....	46
4.2	Comparación entre modelos en la localidad de San Francisco.....	47
4.3	Comparación entre modelos en la localidad de El Tunal.....	47
4.4	Comparación entre modelos en la localidad de El Jame.....	48
4.5	Gráfico de regresión del modelo seleccionado entre los valores de ET medidos y los valores de ET estimados en Emiliano Zapata.....	49
4.6	Gráfico de regresión del modelo seleccionado entre los valores de ET medidos y los valores de ET estimados en San Francisco.....	49
4.7	Gráfico de regresión del modelo seleccionado entre los valores de ET medidos y los valores de ET estimados en El Tunal.....	50
4.8	Gráfico de regresión del modelo seleccionado entre los valores de ET medidos y los valores de ET estimados en El Jame.....	50
4.9	Kc experimental y ajustado variedad Gigant, localidad El Tunal con riego por aspersión semi portátil y tensión de humedad en el suelo de 0 – 70 centibares.....	56
4.10	Kc experimental y ajustado variedad Gigant, localidad San Francisco con riego por aspersión Side roll y tensión de humedad en el suelo de 0 – 70 centibares.....	57
4.11	Kc experimental y ajustado variedad Atlantic, localidad Emiliano Zapata irrigado con Pivote Central y tensión de humedad en el suelo de 0 – 73 centibares.....	57

INTRODUCCIÓN.

La escasez de agua para riego es un problema que comienza a preocupar en México y será más agudo en los años venideros, en particular, en las zonas de bombeo profundo. El área de atención del presente trabajo es la Región productora de papa de Coahuila y Nuevo León caracterizados por la presencia permanente de sequía donde urge el desarrollo de tecnologías de riego y producción más eficiente.

En México, se cosecha anualmente 22 millones de ha, 6.4 millones disponen de infraestructura para riego, lo cual representa el 25% de la superficie cultivable y el 57% del valor de la producción, Ramos, (1999); asimismo reporta que de los 22 millones de has. potencialmente agrícola 6.1 millones de ha se riega superficialmente de los cuales 3.4 millones corresponden a 81 D.R y el resto se distribuye en aproximadamente 39,000 unidades de riego (UR). Por otro lado, Aldama, (1998) menciona que los sistemas de riego por gravedad operan con eficiencias de aplicación a nivel parcelario menores al 50% y asevera que ello es causa de sobre explotación de los acuíferos del país.

Bajo este panorama el uso óptimo del agua en la agricultura se enfoca a un manejo integrado de tecnologías de riego con el solo propósito de responder satisfactoriamente los cuestionamientos más comunes del riego, entre ellos: ¿Cómo regar?, ¿Cuándo regar?, ¿Cuanta agua aplicar?.

El presente trabajo hace énfasis particular sobre ¿cuando regar?, asimismo, mediante la determinación del (Kc) de la papa que fue el cultivo con el que se trabajó, responder la interrogante de ¿cuanta agua aplicar?.

Para responder adecuadamente a las interrogantes planteadas, la evapotranspiración, es una de las variables claves por estudiar dado que de los eventos ocurridos en la naturaleza nada tiene notable impacto sobre todos los seres vivos como lo es el continuo cambio del estado del tiempo atmosférico y sujeto en la evapotranspiración.

1.1 Modelación de la evapotranspiración.

La ET es un complejo dinámico cuyo impacto es función exclusiva de la interacción existente entre el agua, el suelo, la planta y la atmósfera, sin embargo; independientemente de su complejidad y teniendo en cuenta que es un fenómeno sujeto a leyes que rigen cualquier sistema físico García Herrera, (1985) menciona: la investigación debe evaluar la influencia e interacción existente entre los diversos factores climatológicos con el objeto de desarrollar o calibrar modelos matemáticos que permitan predecir los requerimientos de agua de los cultivos con aceptable confiabilidad.

Hoy en día, se reporta en literatura un sinnúmero de modelos empíricos, sin embargo; cualquier método que sea; al ser aplicados bajo diferentes condiciones climáticas y agronómicas pierden sensibilidad debido a que los coeficientes implicados no son constantes y en la mayoría de los casos son válidas únicamente para las condiciones específicas de clima y cultivo en las cuales fueron desarrollados originalmente, de ahí que se sugiera medir la ET in situ y correlacionar los valores con otros factores climatológicos para desarrollar o calibrar un modelo y reajustar sus coeficientes a las nuevas condiciones.

1.2 Confiabilidad y evaluación de modelos de ET.

La confiabilidad de los modelos de ET es mejorada considerablemente al incorporar coeficientes regionales, asimismo; para evaluar la certidumbre y congruencia de un modelo es preciso compararlo con métodos más sofisticados y en relación con mediciones realizadas en campo a fin de determinar el nivel de ajuste requerido

1.3 **Objetivos e Hipótesis**

En atención a la escasa precipitación registrada en la región productora de papa de Coahuila y Nuevo León, notable abatimiento de los pozos existentes en dicha región y la gran variación climática que se ha presentado estos últimos años, el INIFAP en coordinación con el Dpto. De Riego y Drenaje de la UAAAN y la Fundación PRODUCE enfocan el presente trabajo de investigación a:

1. Comparar cuatro modelos empíricos para estimar la evapotranspiración y adecuar aquel modelo que demuestre mayor correlación con respecto a la evapotranspiración observada in situ.
2. Aprovechar al máximo la capacidad instalada tanto del sistema de riego como de las estaciones agroclimáticas automatizadas ya existentes.
3. Eficientar el uso del agua para aplicar solamente lo necesario y reducir en lo posible las cuotas de pago de energía eléctrica por parte de los productores.

Hipótesis.

Los modelos empíricos para estimar la evapotranspiración independientemente de las variables y constantes implícitas en su estructura al ser aplicados en una determinada región; al menos alguno de ellos tendrá baja correlación con respecto a los valores observados in situ y las hipótesis a probar son:

Ho: Las estimaciones de ET con los métodos de temperatura son iguales a los métodos de radiación.

Ha: Las estimaciones de ET con los métodos de temperatura son diferentes a los métodos de radiación.

REVISION DE LITERATURA

El conocimiento del índice de consumo de agua por los cultivos y las características de retención del agua es fundamental para diseñar el sistema de suministro de agua y programar el riego basándose en las necesidades hídricas de los cultivos; así, la cantidad de agua realmente consumida para el desarrollo de la planta, por medio de la evaporación y la transpiración (Evapotranspiración) ha sido durante años objeto de estudio para muchos investigadores.

Israelsen, (1935) cita que el primer hombre que hizo una comparación cuidadosa de las necesidades de agua de las plantas cultivadas, fue Lawes, en sus experimentos de Rothamsted, Inglaterra en 1848. Fue seguido por un cierto numero de experimentadores en diferentes países, entre los que pueden mencionarse los siguientes:

Wonlly, (1876) Munich.

Hellriegel, (1883) Dahme, Alemania.

King, (1892 – 1895) Madiso, Wis; EE.UU.

Widstoe, (1909) Logan, Utah; EE.UU.

Leather, (1910 – 1911) Dussa, India.

Briggs y Shantz, (1913) Akron, Colo; EE.UU.

Asimismo; la literatura revela que la mayor parte de las investigaciones sobre Evapotranspiración se enfocan a correlacionar la transpiración, la evaporación, la radiación solar, el viento y la humedad edáfica Doorembos y Pruitt (1977), factores que junto con las características propias de los vegetales (área foliar, densidad de porosidad o de células estomáticas, estado fisiológico y etapa fenológica) determinan el grado de consumo de agua.

2.1 **DEFINICIONES**

2.1.1 **Transpiración.**

Es la evaporación de agua de la superficie de la planta hacia la atmósfera o dentro de los espacios intercélulares y después por difusión a través de los estomas hacia la atmósfera.

2.1.2 **Evapotranspiración.**

En términos generales, Israelsen, (1965) cita en Principios y Aplicaciones del Riego que el uso consuntivo, comprende a la evapotranspiración mas el contenido de agua fisiológica y se considera como la suma de los términos: a).- Transpiración, que es el agua que penetrado a través de las raíces de las plantas es utilizada en la construcción de los tejidos o emitida por las hojas y reintegrada a la atmósfera y b.- Evaporación, que es el agua evaporada por el terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas. Las medidas de ET suelen ser expresadas en volumen por unidad de superficie para un periodo dado. Es por lo tanto común expresar la ET en cm/mes o en mm/día. El tiempo durante el cual un volumen dado de agua es evapotranspirado es de gran importancia para establecer calendarios de riego y en el diseño de la capacidad de sistemas de riego.

2.1.3 **Uso consuntivo.**

Es para cualquier propósito práctico, idéntico a la Evapotranspiración. Este concepto difiere de la evapotranspiración por la inclusión del agua retenida en el tejido de la planta. Sin embargo, la cantidad máxima de agua retenida en la planta generalmente representa menos del 1% del total del agua evaporada durante la estación del cultivo.

2.1.4 **Evapotranspiración potencial o de referencia (ETP).**

Es la cantidad de agua transpirada por un cultivo verde, de tamaño pequeño y uniforme en la unidad de tiempo, que cubre totalmente la superficie del suelo con un adecuado abastecimiento de agua. Ocurre cuando el suelo esta bien provisionado de agua en la zona radical y depende del poder evaporante del aire y de la cubierta vegetal Penman, (1948).

2.1.5 Evapotranspiración real o actual. (ETc.)

Ocurre cuando la vegetación está sometida a las condiciones de deficiencia de agua en el suelo o en el desarrollo vegetal Grassi, C.J, (1964); Hardy. F, (1970); Veihmeyer, (1964).

2.1.6 Coeficiente de desarrollo del cultivo (Kc)

Es el coeficiente que contabiliza la madurez del cultivo y la deficiencia hídrica bajo la cual la planta esta creciendo. El coeficiente Kc es un coeficiente de calibración que correlaciona los valores de ET observadas con valores de ET calculados en congruencia con algún modelo y siguiendo la curva fenológica del cultivo.

2.2 Medición de la evapotranspiración.

Los procedimientos para medir la Evapotranspiración, pueden clasificarse en métodos directos y métodos indirectos.

Los primeros proporcionan directamente el consumo total del agua requerida, utilizando para ello aparatos e instrumentos para la determinación.

Los segundos en forma indirecta obtienen una estimación de agua a través de todo el ciclo vegetativo, mediante la utilización de fórmulas empíricas.

2.2.1 Métodos directos.

Estos métodos son aplicables para zonas donde se tiene una agricultura establecida, proporciona valores muy apegados a la realidad y sirven a la vez para ajustar los parámetros de los métodos empíricos.

2.2.1.1 Método gravimétrico.

Este método se basa en la obtención del contenido de humedad en muestras de suelo tomadas a una profundidad equivalente a la que tienen las raíces. Dichas muestras se obtienen a través del ciclo vegetativo; la cantidad de agua consumida por la planta en un

tiempo fijado se determina calculando las láminas de riego consumidas, a partir de los datos obtenidos de humedad del suelo. El procedimiento para desarrollar este método básicamente consiste en hacer un muestreo en el suelo con una barrena tipo Veihmeyer en espesores de suelo de 0.30m hasta 1.50m de profundidad dependiendo de la profundidad radical del cultivo. Las muestras se guardan en botes herméticos previamente tapados. Se llevan al laboratorio y por diferencia de peso se determina el contenido de humedad expresado en porcentaje. El muestreo se realiza ante de cada uno de los riegos y 2, 3 o 4 días después de las aplicaciones del agua, así como 2 o 3 muestreos entre riegos. La ET se obtiene por diferencia de porcentajes utilizando la siguiente ecuación:

$$Et = \sum_{i=1}^n Li \dots \dots \dots \text{Ec.1}$$

$$Li = \text{Psi} * \text{Dai} * \text{Pr} \dots \dots \dots \text{Ec.2}$$

Donde:

Li = lamina consumida durante el lapso considerado, cm.

Psi = variación del porcentaje de humedad respecto al peso del suelo seco, antes y después del riego, %.

i = numero de orden del estrato muestreado.

n = numero de estratos en que se dividió la profundidad radical

Da = Densidad aparente del suelo, adm.

Pr = profundidad radical, en cm.

El método gravimétrico tiene la ventaja de ser de fácil aplicación, requiere aparatos sencillos y se ajusta bastante a la realidad. Las desventajas de este método consisten en:

que es un método muy laborioso, no es muy aplicable para zonas lluviosas debido a que hay muchos errores en el cálculo de suministro de agua.

2.2.1.2 Método lisimétrico.

Consiste en estimar la Evapotranspiración potencial por procedimientos de medición de pérdida de agua, en recipientes que se llenan de suelo y se siembra con el cultivo en cuestión. Traba, (1972) citado por Aguilera, (1986) define el lisímetro como una estructura que contiene una masa de suelo y está diseñado de tal forma que permita la medida del agua que drena a través del perfil del suelo. Este método proporciona el único medio directo de medir ET y es a menudo usado para estudiar los efectos climatológicos y para evaluar los diferentes métodos que hacen estimaciones de ET. Sin embargo, no todos los datos obtenidos usando los lisímetros son representativos de las condiciones de campo. Las condiciones del suelo dentro del lisímetro deben ser esencialmente iguales a aquellas fuera del lisímetro. El lisímetro debe estar rodeado por el mismo tipo de cultivo que este plantado en el lisímetro, localizado dentro del campo del mismo cultivo, y al menos a 100m de distancia del límite del campo de cultivo. En Peña, (1974) citado por Aguilera, (1986) se hace una clasificación de los lisímetros, sin embargo, nos limitaremos a hacer descripción detallada de cada tipo de lisímetro y nos enfocaremos a describir única y exclusivamente a los lisímetros agrícolas de pesada. En los cuales los cambios en el contenido de agua en el suelo son determinados pesando la unidad entera con una balanza mecánica, o sosteniendo el lisímetro hidráulicamente.

2.2.1.3 Balance de agua.

El balance de agua se aplica para analizar lecturas de lisímetros volumétricos (que no se pesan), en combinación con sensores de humedad para suelo (tensiómetros, bloques de yeso y dispersor de neutrones) con el propósito de medir rápidamente la Evapotranspiración y tomar decisiones sobre la calendarización del riego durante el desarrollo del cultivo Ross, (1978); webb, (1979); Mc Donald, (1980) citado por García

Herrera, (1985). También se aplica en registros de campos de entradas y salidas de agua a un área cultivada.

2.2.1.4 Método del balance de energía.

El método de balance de energía para determinar ET puede ser usado para obtener valores en períodos tan cortos como una hora. Sin embargo, los requerimientos de instrumentación y procedimientos técnicos son altamente especializados, con lo cual limitan este método para ser usado solo en estudios de investigación sobre periodos relativamente largos. Los resultados obtenidos mediante este método son bastante exactos debido a que se obtienen bajo condiciones de medio ambiente natural como ocurre en el campo.

2.2.2 Métodos indirectos.

Varios investigadores han tratado de relacionar los diferentes datos climatológicos con la Evapotranspiración logrando fórmulas que permiten estimarla con diferentes aproximaciones, algunas son válidas únicamente para las condiciones particulares en que fueron elaboradas. Díaz, (1977) citado por Aguilera, (1986), hace una clasificación de estos métodos de acuerdo con los factores que consideran como sigue:

- a) *Métodos basados en dispositivos evaporimétricos.* Varios autores han pretendido correlacionar la Evapotranspiración con la evaporación en función de las lecturas de evaporímetros. Estos son instrumentos de muy diversa forma, tamaño y modo de operar en las cuales se mide la lámina de agua evaporada. Esta puede ser convertida en valores de Evapotranspiración mediante un factor de corrección.
- b) *Métodos basados en datos climáticos.* Para la estimación de ET_P o ET se utilizan datos históricos, meteorológicos y de cultivo o bien, predecir sus valores en el futuro. Las predicciones se basan en datos esperados y la exactitud de las estimaciones depende fundamentalmente de las ecuaciones que están siendo

utilizadas para describir las leyes físicas que gobiernan los procesos y de la confiabilidad de los datos climatológicos y de cultivo. Estos métodos generalmente se subdividen de acuerdo a la variable climática que consideren en su estructura a saber:

Métodos de radiación. Estos métodos basados en la teoría del cuerpo negro se sugieren para aquellas regiones en donde se dispone de datos de temperatura y de porcentajes de horas luz, nubosidad o radiación pero no se tienen datos de humedad relativa. Dentro de este grupo puede citarse los de Penman, (1948); Turc (1953); Makkin, (1957) y Jensen Haise, (1948).

Métodos basados en la temperatura. Dentro de este grupo de métodos se puede citar: El de Hedke, (1928), que utiliza la temperatura del aire. El de Lowry y Johnson, (1942), que toman como base el calor efectivo. El método de Thornthwaite que utiliza la temperatura fundamentalmente; en tanto que Blaney y Criddle desarrollan su método en base a temperatura y porcentaje de horas luz.

Métodos de humedad relativa. Dentro de este grupo se puede citar el de Blaney y Morin, (1942) así como el método de Hargreaves Samani, (1985) por solo mencionar algunos.

De todos los métodos arriba citados, el de Penman es el más completo en involucra en su estructura el procesamiento de las principales variables del clima que inciden en la evapotranspiración.

2.2.2.1 Método de Blaney y Criddle.

Blaney y Criddle, (1960) y Criddle W.F, (1966) citan que el método de Blaney y Criddle fue desarrollado para condiciones áridas del oeste de los EE.UU. relacionando el agua consumida por las plantas con la temperatura y el porcentaje mensual de las horas de brillo solar anual teóricamente posible para una latitud dada. Elías y Jiménez, (1965) anotan que la temperatura y las horas de insolación se consideran factores

meteorológicos de gran influencia sobre la transpiración y desarrollo de las plantas. Asimismo, Pruitt W.O (1960) reporta haber encontrado una estrecha correlación ($r = 0.912$) entre la Evapotranspiración potencial medida en lisímetros y la ETP calculada basándose en la formula de Blaney y Criddle; para trébol ladino en zonas templadas.

Doorembos y Pruitt, (1977), reportan la ecuación de Blaney y Criddle modificado por la FAO-24 de la siguiente manera:

$$ETP = a + b [p (0.46 T + 8.13)] \dots\dots\dots Ec 3$$

En donde :

ETP = Evapotranspiración potencial en mm/ día.

a y b = factores de calibracion que estan en funcion de la humedad relativa minima diaria insolación y velocidad del viento durante el dia.

p = Porcentaje medio diario del total anual de horas de insolación

T = Temperatura media diaria en °C.

Doorembos y Pruitt, (1977) hacen uso de la siguiente expresión para estimar el coeficiente de regresión “a”:

$$a = 0.0043(RH_{\min}) - \frac{n}{N} - 1.41 \dots\dots\dots Ec. 4$$

Febret *et al*, (1983) encontró la siguiente ecuación que nos permite estimar el coeficiente de regresión “b”

$$b = 0.81917 - 0.0040922(HR_{\min}) + 1.0705 \left(\frac{n}{N} \right) + 0.065649(U_{\text{dia}}) - 0.0059684(RH_{\min}) \left(\frac{n}{N} \right) - 0.0005967(RH_{\min})(U_{\text{dia}}) \dots\dots\dots Ec. 5$$

Donde :

U_{dia} = Velocidad de viento en m.seg⁻¹ medida a 2m de altura.

RH_{\min} = Humedad Relativa minima en (%)

$\frac{n}{N}$ = Proporción real maxima posible de horas de insolación

Consideraciones adicionales.

La adaptación del método de Blaney y Criddle solo debe utilizarse cuando los datos de temperatura sean los únicos datos meteorológicos concretos disponibles. El método no debe emplearse en las regiones ecuatoriales, en las que la temperatura se mantiene relativamente constante, pero en las que varían otros parámetros meteorológicos. Tampoco debe usarse en islas pequeñas, en las que la temperatura del aire está en general en función de la temperatura del mar circundante, y reacciona muy poco ante la evolución estacional de la radiación. A gran altitud, el método parece incierto debido a la temperatura diaria mínima bastante baja (noches frías), incluso cuando sean muy fuertes los niveles de radiación diurna. También en los climas en los que hay una gran variabilidad de las horas de insolación durante los meses de transición (por ejemplo, climas monzónicos, climas de latitud media en primavera y en otoño) el método puede resultar engañoso.

2.2.2.2 Método de Hargreves – Samani.

La ecuación propuesta por Hargreves *et al*, (1985) y Hargreves and Samani, (1985) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$ETP = 0.0023 * RA * (T^{\circ}C + 17.8) * TD^{0.5} \dots\dots\dots Ec.6$$

En donde :

ETP = Evapotranspiración potencial en mm. día⁻¹.

RA = Radiación solar extraterrestre en mm. día⁻¹.

T = Temperatura media para el periodo en °C.

TD = Temperatura máxima media para el periodo menos
Temperatura mínima media para el periodo.

2.2.2.3 Método de Jensen Haise.

Este método de Jensen Haise, (1963), se basa en una ecuación, en la cual se ajusta la función entre la radiación solar y la temperatura para la localización y altura del sitio donde será usada mediante las funciones de la presión de vapor; este método es considerado como uno de los mejores para estimar la Evapotranspiración en regiones áridas y semiáridas, sin embargo; su utilidad es algunas veces limitada debido a que R_s no ha sido un parámetro ampliamente medido históricamente.

La ecuación de Jensen – Haise para estimar ET es la siguiente:

$$ET_p = C_t (T - T_x) R_s \dots\dots\dots Ec.7$$

En donde: (C_t) es un coeficiente de temperatura del aire constante para un área dada, determinada a partir de las temperaturas máxima y mínima para el mes mas cálido (T) es la temperatura media diaria del aire, (T_x) es una constante regional que representa la intercepción de la ecuación lineal con el eje de la temperatura, y (R_s) es la radiación solar diaria expresada como lamina equivalente de evaporación.

Cuando existen mediciones de evapotranspiración en un área, (C_t) y (T_x) pueden ser determinados por calibración (graficando ET/R_s contra la temperatura media del aire). Cuando esto no es posible, entonces (C_t) y (T_x) pueden ser estimados aplicando las siguientes ecuaciones generales:

$$C_t = \frac{1}{C_1 + C_2 C_H} \dots\dots\dots Ec.8$$

$$C_H = \frac{37.5 \text{ mm Hg}}{e_2 - e_1} = \frac{50 \text{ mb}}{e_2 - e_1} \dots\dots\dots Ec.9.$$

$$C_1 = 38 - \frac{2 \text{ elevación}}{305} \dots\dots\dots Ec.10 \quad C_2 = 7.6^\circ \text{ C (constante)}$$

C_H es un índice de humedad, C_1 es una constante de temperatura que depende de la elevación del lugar (en metros), e_2 es la presión del vapor a saturación en mm Hg o en

milibares a la temperatura máxima promedio del aire durante el mes más caliente y e_1 es la presión del vapor a saturación a la temperatura mínima promedio del aire durante el mismo mes.

2.2.2.4 El método de combinación de Penman.

Penman(1948), efectuó una serie de experimentos en Rothhansted Inglaterra y dedujo una fórmula que predice la pérdida de agua por evaporación desde una superficie libre de agua. Consiste en dos términos; el término de energía (radiación) y el término aerodinámico (humedad relativa y viento). La importancia relativa de los dos términos varía según las condiciones climáticas. En periodos de calma el término aerodinámico resulta mucho más pequeño que el término de radiación. En estas condiciones, la evaporación de Penman E_o , multiplicada por un coeficiente de 0.8 ha demostrado que puede predecir la Evapotranspiración de un pasto con bastante exactitud, no solo en regiones húmedas, sino también en regiones muy calientes y semiáridas Trava, (1977) citado en Aguilera, (1996), así pues, Penman, (1963) publicó la siguiente ecuación:

$$ETP = 0.0171 \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n + G) + 15.36 \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} (a + b U_2) (e_z^0 - e_z) \right] \dots\dots\dots Ec.11$$

En donde :

ETP = Evapotranspiración potencial en mm/día.

Δ = Es la pendiente de la curva de la presión de saturación de vapor a una temperatura específica, $\left[\frac{d(mb)}{d(^{\circ}C)} \right]$.

γ = Es la constante psicrometrica en mb/°C.

R_n = Es la energía de la radiación neta en Cal. cm⁻².día⁻¹.

- G = Es el flujo de calor en el suelo en $\text{Cal. cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$.
- U_2 = Es la velocidad del viento a una altura de 2m. en Km. día^{-1} .
- a y b = Son coeficientes de regresión que requieren calibración local.
- e_z^0 = Es el promedio de la presión de vapor a saturación en mb.
- e_z = Es la presión de vapor a temperaturas promedio tomadas a punto de rocío en mb.

Consideraciones adicionales.

Debido a la interdependencia de las variable que componen la ecuación, es muy importante utilizar correctamente las unidades en las que vayan a expresarse tales variables. Asimismo, es preciso resaltar que, los resultados obtenidos con esta formula se han comparado con la Evapotranspiración potencial medida en lisímetro, encontrando una alta correlación. Una de las desventajas de su aplicación es la falta de registros de algunos factores que en ella intervienen y que comúnmente solo se encuentran en estaciones de primera categoría González, (1974) citado por Aguilera, (1996). Por otro lado, es importante considerar que para la aplicación de este método debe disponerse de datos climatológicos tales como: Radiación solar (R_s), Temperatura (T), Velocidad del viento (U_2) y la Humedad relativa (Hr) o la temperatura a punto de rocío.

2.3 Descripción de variables y métodos de cálculos.

Se hace aquí una breve descripción de las variables y de las unidades que se utilizan en las ecuaciones de Penman y de Jensen – Haise, se muestra también el cálculo de las mismas cuando no se dispone de mediciones directas.

2.3.1 Velocidad total del viento, (U_2).

El empleo de esta variable en la ecuación de Penman deberá expresarse en Km dia^{-1} y su lectura debería hacerse a una altura de 2m, sin embargo, si la velocidad del viento a 2m

de altura es desconocida, pero se conoce la velocidad del viento a cualquier otra altura, se ajusta mediante la siguiente ecuación:

$$U_z = \left[\frac{2}{z} \right]^{0.2} \dots\dots\dots \text{Ec.12}$$

En donde :

z = elevación en metros, a la cual U es medida.

a y b en el método de Penman son coeficientes de regresión empíricos que requieren calibración local, si la ecuación no ha sido calibrada para las condiciones locales por medio de las siguientes ecuaciones se pueden estimar:

$$a = 23.8 - 0.7865D + 9.7182 E^{-3}D^2 - 5.4589 E^{-5}D^2 + 1.42529E^{-7}D^4 - 1.41018E^{-10}D^5 \dots\dots\dots \text{Ec.13}$$

$$b = - 0.0122 + 5.2956E^{-4}D - 5.9923E^{-6}D^2 + 3.4002E^{-8}D^3 - 9.00872E^{-11}D^4 + 8.79179E^{-14}D^5 \dots\dots\dots \text{Ec.14}$$

En donde :

D = Día del año.

Para fechas de 4/15, 6/15, 8/15, y 10/15 y una media estacional se reportan valores para a = 0.74, 1.83, 1.01, 0.55 y 1.06; y para b = 0.0069, 0.0088, 0.0107, 0.0099 y 0.0091 respectivamente.

2.3.2 Presión de vapor a saturación.

La teoría cinética de los gases indica que la evaporación ocurre cuando las moléculas de un líquido (agua por ejemplo) en la interfase liquido – gas, rompen las fuerzas de atracción y escapan a la atmósfera en forma de vapor, cumpliéndose así que:

- 1.- Cuando el número de moléculas que escapan del líquido es mayor que el número que regresan se presenta la evaporación.
- 2.- Cuando el número de moléculas que regresan de la atmósfera es mayor que las que escapan del agua se presenta la condensación y,
- 3.- Cuando el número de moléculas que escapa del líquido es igual a las que regresa de la atmósfera, o sea, que existe un equilibrio; el aire se encuentra a saturación.

2.3.3 Promedio de la presión de vapor a saturación (e_z^0)

Kincaid y Heerman, (1974) hace estimaciones de la presión de vapor a saturación por medio de la siguiente ecuación polinomial:

$$e_z^0 = 6.328 T + 0.424T + 0.01085 T^2 + 0.000519T^3 \dots\dots\dots Ec.15$$

Donde :

T = Temperatura promedio diario en °C

e_z^0 = Es la presión de vapor a saturación en mb.

Asimismo, Snyder *et al*; (1987) presenta la siguiente ecuación para calcular la presión de vapor a saturación. (e_s)

$$e_s = 6.1078 * \exp\left(\frac{17.27 * T}{T + 237.3}\right) \dots\dots\dots Ec.16$$

Donde :

T = Temperatura del aire en °C

e_s = Presión de vapor a saturación en mb.

Esta última ecuación es más práctica siempre y cuando T se sustituya según sea el caso:

$T_{(max)}$, $T_{(min)}$ o bien $T_{(a \text{ punto de rocío})}$

2.3.4 Déficit en la presión de vapor a saturación.

La ETP está en función de la humedad del aire y para el caso de la ecuación de Penman los valores de humedad vienen expresados como déficit en la presión de saturación del

vapor ($e_z^0 - e_z$), la diferencia existente entre la presión saturante del vapor agua media (e_z^0) y la presión real del vapor de agua media (e_z) ($e_z^0 - e_z$) como se presenta en la ecuación de Penman;

$$(e_z^0 - e_z) = \frac{e_2^0 + e_1^0}{2} - e_1^0 \text{ rh} \dots \text{Ec. 17}$$

En donde :

e_2^0 = Presion de vapor a saturacion a temperatura maxima en mb

e_1^0 = Presion de vapor a saturacion a temperatura minima en mb

T = Temperatura en °C

rh = Maxima humedad relativa durante el periodo.(fraccion)

Los términos $\Delta/(\Delta+\gamma)$ y $\gamma/(\Delta+\gamma)$ cuya suma es igual a uno 1 son dependientes de la temperatura y la presión y del peso de los dos componentes de la ecuación calculados por:

$$\Delta = 33.8639 [0.05904 (0.00738 T_a + 0.807)^7 - 3.42E^{-5}] \dots \text{Ec. 18}$$

Que es valido para $T_a \geq -23^\circ\text{C}$ y;

$$\gamma = \frac{(C_p P)}{(0.622 L)} \dots \text{Ec. 19}$$

En donde :

C_p = Calor especifico del aire en $\text{Cal. gr}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

P = Presión atmosférica en mb.

L = Calor latente de vaporización,

Kincaid y Heerman, (1974) presentan para calcular de una manera más directa estos parámetros a saber:

$$\left(\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}\right) = 0.60543 - 0.01728 T + 0.0001469 T^2 \dots\dots\dots \text{Ec.20}$$

$$\left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}\right) = 1 - \left(\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}\right) \dots\dots\dots \text{Ec. 21}$$

Siendo en este caso T = Temperatura promedio para el periodo en °

2.3.5 Radiación neta (Rn)

La radiación neta Rn, o sea, la diferencia entre toda la radiación entrante y saliente, suele ser medida directamente mediante el uso de un radiómetro neto hemisférico, pero rara vez se dispone de estos aparatos por lo que la estimación de Rn se hace indispensable para aquellas estaciones que no cuenten con esta instrumentación los datos de entrada para el cálculo de Rn serán: la radiación solar (Rs), las horas de insolación (P) (o el grado de nubosidad), la temperatura (T) y la humedad (HR) Jensen *et al.* (1973) presenta la siguiente relación:

$$Rn = (1 - \alpha) Rs - Rb \dots\dots\dots \text{Ec. 22}$$

Donde :

$(1 - \alpha) Rs$ = Es la radiación neta de onda corta recibida por el campo de cultivo.
expresado en $\text{Cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$

α = Es el indice de reflejo de la radiación de onda corta (albedo)
caen en el siguiente rango $(0.20 \leq \alpha \leq 0.25)$

Rb = Es la radiación neta que retorna a la radiación de onda larga que se refleja desde la la superficie de la tierra. $\text{Cal. cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$

El albedo se asume como una función de la radiación de onda corta incidente, la radiación de onda corta a cielo descubierto, el mes y el día del mes Cuenca, (1989); Allen, (1986) muestran la siguiente expresión para calcular α como:

$$\alpha = 0.29 + 0.06 \text{ Sen} [30 * (M + 0.0333 * N_m + 2.25)] \dots\dots\dots \text{Ec. 23}$$

Donde :

M = Mes (1 -12).

N_m = Día del mes

La función del seno esta dado en grados. Asimismo la ecuación antes escrita es aplicable solo si la radiación de onda corta entrante no excede al total del 70% de la radiación de onda corta a cielo descubierto.

2.3.6 Radiación solar (Rs).

La Rs puede ser estimada al aplicar cualquiera de las siguientes relaciones:

$$Rs = (0.35 + 0.61 S) Rso \dots\dots\dots \text{Ec. 24}$$

$$Rs = (0.23 + 0.48) Ra \dots\dots\dots \text{Ec. 25}$$

Cualquiera de estos métodos para estimar Rs puede usarse para calcular Rs en la ecuación de Jensen – Haise.

En donde :

R_s = Radiación solar en $\text{Cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, para las dos ecuaciones.

R_{so} = Radiación solar en $\text{Cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ a cielo despejado (sin nubes)

S = Fracción de luz de sol existente a la posible luz solar (1 - nubosidad)

R_a = Radiación extraterrestre en $\text{Cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$

La R_b puede ser calculada aplicando la siguiente ecuación:

$$R_b = \left(a_1 \frac{R_s}{R_{so}} + b_1 \right) R_{bo} \dots\dots\dots \text{Ec.26}$$

En donde:

R_{bo} = Radiación termica de onda larga en un día despejado sin nubes
en Cal.cm⁻² día⁻¹

R_{bo} a su vez debará estimarse mediante la siguiente ecuacion.

$$R_{bo} = \varepsilon^1 \sigma T_k^4 \dots\dots\dots Ec. 27$$

ε^1 = Es la emisividad neta cuando se usan solamente altas temperaturas de pantalla.

$$\varepsilon^1 = -0.02 + 0.261 * \exp \left[-7.77E^{-4} (273.16 - T_k)^2 \right] \dots\dots\dots Ec. 28$$

σ = Constante de Stefan Boltzmann

$$\sigma = 11.71E^{-8} \text{ Cal. cm}^2 \text{ día } ^\circ K^{-4}$$

T_k = es la Temperatura en $^\circ K$.

2.3.7 Radiación solar extraterrestre (RA).

Los valores promedios de RA para cada mes del año y a diferente latitud han sido reportados en (FAO – 24) (Ver Apéndice C-2).

“a₁” y “b₁” son coeficientes experimentales que dependen de la región climatológica y puede consultarse en la Tabla 2.1 reportada por Jensen, (1974); Doorembos y Pruitt (1977); Wriqth, (1982); Cuenca, (1989); Jensen *et al* (1990).

Tabla 2.1 Coeficientes experimentales para la ecuación(26)

Región	(a ₁)	(b ₁)
Davis, California	1.35	-0.35
Sur de Idaho	1.22	-0.18
Sugerida para regiones áridas	1.2	-0.2
Sugerida para regiones húmedas	1.0	0
Sugerida para regiones semi húmedas	1.1	-0.1

2.4 Coeficiente de desarrollo del cultivo (Kc).

Los factores que repercuten en el valor del coeficiente (Kc), son principalmente las características del cultivo, las fechas de plantación o siembra, el ritmo de desarrollo del cultivo y la duración del periodo vegetativo, las condiciones climáticas y, especialmente durante la primera fase del crecimiento, las frecuencias de las lluvias o del riego (FAO No. 24.). Grassi, (1968) menciona que el coeficiente (Kc) y su variación a lo largo del ciclo es una expresión de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo y de la incidencia del ambiente edáfico, en cuanto al volumen del suelo explorado por las raíces y disponibilidad de nutrientes, agua y aire; limitaciones al respecto para las mismas condiciones climáticas, se manifiestan en la relación ET/ETP, o sea, en el valor del coeficiente Kc. Fortunato, (1975) menciona que la relación ET / ETP se vuelve relativamente constante tan pronto como el follaje del cultivo cubre completamente el suelo y continua así hasta que el cultivo se aproxima a la madurez o hasta que es cortado; esta relación permite calcular el abatimiento de las reservas edáficas de agua si se conoce la cantidad de ET real.

De esta manera Palacios, (1980) señala: “Para lograr estimaciones aceptables de la evapotranspiración real o actual de los cultivos debe tomarse en consideración de alguna forma los factores edáficos y de la planta”; en resumen, se puede afirmar que conocido los valores de ETP del cultivo y el coeficiente Kc se puede programar (cuando regar y cuanta agua aplicar) en el mismo sentido Hagoud, (1964) menciona que la programación del riego pudiera aumentar las láminas y lixiviar los nutrientes del suelo.

2.4.1 Modelos para estimar el Kc

Se proponen en la actualidad diversos métodos para estimar el Kc mediante correlaciones con variables como el Desarrollo vegetativo relativo (D.V.R) índice de área foliar (I.A.F) y Unidades calor acumuladas (U.C.A). Norero citado por Ramírez, (1988) propone una ecuación en función del índice del área foliar medio del cultivo lo cual proporciona un aceptable indicador del efecto de la cubierta vegetal en la oferta evapotranspirativa.

Sammis, (1985) obtuvo una función de tercer orden polinomial para determinar el Kc en función de las unidades calor acumuladas, para cuatro cultivos (alfalfa, maíz, sorgo y algodón) en diferentes localidades de Nuevo México, asimismo; especifica que esta función es aplicable a cualquier parte del estado de Nuevo México y que su transferibilidad a otro lugar necesita ser comprobada.

2.4.1.1 Estimación del coeficiente de desarrollo del cultivo (Kc) en función del desarrollo vegetativo del cultivo (DVR).

Para la determinación del Kc por medio de este parámetro se recurre a un modelo cúbico completo el cual consiste en correlacionar el coeficiente (Kc) y el desarrollo vegetativo relativo (DVR). La ecuación del modelo es tipo polinomial, como se muestra enseguida:

$$Kc = a_0 + a_1(DVR) + a_2(DVR)^2 + a_3(DVR)^3 \dots\dots\dots Ec. 28$$

En donde :

Kc = Coeficiente de desarrollo del cultivo (adm).

DVR = Desarrollo vegetativo relativo (de 0 a 1 adm.)

a₀, a₁, a₂, a₃ Son coeficientes de regresión.

El desarrollo vegetativo relativo (DVR) es la relación entre la duración del cultivo desde la emergencia hasta el periodo i, y la duración del ciclo vegetativo del cultivo. Para estimar DVR se recurrió a la siguiente relación:

$$DVR = \frac{I - DG}{DC - DG} \dots\dots\dots Ec. 29$$

Donde:

I = Días después de la siembra.

DG = Dias de germinación

DC = Duración del ciclo fenologico.

Los coeficientes Kc se obtienen relacionando la evapotranspiración del cultivo contra la evaporacion del Tanque tipo “A”.

$$Kc = \frac{ETa}{EV} \dots\dots\dots Ec. 30$$

2.4.1.2 Determinación del Kc en función de los Días Grado Crecimiento (DGC).

Es muy común definir la etapas fenológicas en función de los días de siembra o trasplante, este enfoque presenta problemas al cambiar las condiciones climáticas de las existentes cuando fueron estimadas las fases experimentalmente ante este panorama es obvio encontrar desfasamientos de la duración pronosticada y observada para cada una de las etapas fenológicas; el concepto Días Grado Crecimiento (D.G.C) a venido a superar esta limitante, lo cual asume que se requiere una cantidad de energía térmica para el desarrollo y crecimiento de muchos organismos. De ahí que el Kc se recomiende determinar al correlacionar los Días grado de crecimiento acumulados del cultivo (DGC) contra el coeficiente de desarrollo experimental, (Ec. 30). obviamente, esto implica, conocer la temperatura critica (Tc) del cultivo con el que se este trabajando, lo cual para el caso del cultivo de papa es 6° C. La temperatura base (Tb) se obtiene de la siguiente expresión:

$$Tb = (Tm - Tc) \dots\dots\dots Ec. 31.$$

En donde:

TB = Es la temperatura base en ° C.

Tm = Es la temperatura media diaria en °C.

Tc = Es la temperatura critica del cultivo en °C.

2.5 **Requerimientos hídricos de la papa.**

La papa (*Solanum tuberosum* L.) requiere elevados niveles de humedad en el suelo, dado que es un cultivo muy sensible a la sequía aún en periodos cortos por lo que el suministro de agua debe ser frecuente, pero no excesivo, la evapotranspiración del cultivo varía entre 400 mm a 675 mm y sus etapas comprenden desde el inicio de la tuberización hasta la madurez fisiológica, esto se representa hasta el desvare Doorenbos y Kassan, (1979) y Hsise y Hagan, (1967); la humedad del suelo en papa durante sus primeras etapas de desarrollo deben estar entre el 50% y 60% de la humedad aprovechable a una tensión de humedad de 0.3 a 5 atm; pero para producir rendimientos aceptables la fracción de la humedad del suelo debe de ser de 0.25, esto es un abatimiento de 50, 30 y 15 mm/m en suelos de textura fina, media y gruesa respectivamente Beukema y Van der. Zaag, (1979); Doorenbos y Pruit (1977) y Stanhill, (1986).

Durante la germinación si el suelo presenta niveles menores del 40% de humedad aprovechable (8 bar) los tubérculos sembrados pierden peso, el periodo de emergencia aumenta y se reduce el número de tallos por semilla, en cambio si la humedad aprovechable es del 70% a 100% (2 a 0.33 bar) el proceso de emergencia se acelera, se incrementa el peso de la semilla y los brotes producen raíces que absorben humedad inmediatamente, pero cuando los niveles de humedad del suelo se encuentran en saturación (0.01 bar aproximadamente) en la semilla, se reduce la emergencia, hay crecimiento excesivo de lenticelas, entrada de parásitos y puede morir ésta por falta de oxígeno, por lo que desde el inicio del desarrollo debe existir un equilibrio que proporcione adecuada humedad, se debe evitar excesos que reduzcan la difusión del oxígeno y provoquen pudriciones en la semilla Hsise y Hagan, (1967); Martín y Miller, (1987).

El periodo de emergencia a inicio de tuberización (desarrollo vegetal) es de vital importancia dado que valores de evapotranspiración equivalentes a 3 mm o más reducen la elongación celular (0.5 bar de potencial hídrico en la hoja), y también al suministrar agua en exceso se provoca que el sistema radical quede superficial, por lo que un

equilibrio en la humedad debe proporcionar un rápido desarrollo de follaje al igual que un buen desarrollo del sistema radical que permita se profundice a través del estrato de suelo. Antes del inicio de la tuberización es la etapa más sensible a la temperatura, longitud del día, Nitrógeno y suministro de agua por que se afecta el balance normal que regula la iniciación de la tuberización, así como un correcto suministro de agua en esta etapa incrementa el número de tubérculos por planta, que si se mantiene estas condiciones, se incrementa el tamaño de los tubérculos. Miller y Martín, (1987).

El periodo de tuberización presenta gran demanda de agua para obtener un máximo rendimiento que se representa en una tasa óptima de fotosíntesis por área foliar y solo debe permitirse abatimientos de 30% de la humedad aprovechable, aunque debe considerarse en reducir la humedad al final del período para evitar disminuya el contenido de materia seca en el tubérculo; un exceso de humedad durante este período hará que las lenticelas en los tubérculos nuevos se abran y permitan la entrada de bacterias que producen un tejido corchoso; también se favorece el desarrollo del tizón tardío y la pudrición de los tubérculos recién formados; por el contrario, una deficiencia de humedad provoca en el tubérculo un tejido rajeteado y piel rugosa, además de favorecer el ataque de roña (*Streptomyces scabies*); en ambos casos se reduce la calidad comercial del cultivo y con variaciones en el contenido de humedad se inducen nuevos crecimientos a partir del tubérculo ya formado lo cual produce numerosos tubérculos pequeños que se conocen como segundos crecimientos Martín y Miller, (1987) y Haverkort, (1986).

En cuanto a Eficiencia del uso del agua (E.U.A) se refiere; Contreras, (1991 y 1992 a) reporta estudios realizados en la Sierra de Arteaga bajo condiciones de microirrigación con variedades de ciclo corto como Atlantic encontrando una EUA de 1.3 a 6.5 Kg/m³; de ciclo intermedio como Norteña de 1.8 a 9.7 Kg/m³; y de 2.6 a 8.1Kg/m³ para variedades de ciclo largo como Alpha. Este mismo autor reporta que las variaciones en la E.U.A son debidas a las condiciones agroclimáticas prevalecientes en cada uno de los años de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio.

3.1.1 Localización.

La ubicación de cada una de las localidades en que se realizó el presente trabajo se describen en la Tabla 3.1. En cada localidad se encuentra instalada una estación Agroclimática automatizada Monitor II de la compañía Davis cuyos datos registrados son precipitación, presión, humedad relativa, velocidad y dirección del viento a intervalos de 30 minutos.

Tabla 3.1 Ubicación de localidades con estación Agroclimática.

LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD(msnm)
El Jame, Arteaga, Coahuila	25°21'45"	100°38'37"	2215
El Tunal, Arteaga, Coahuila	25°25'11"	100°37'40"	2245
Los Lirios, Arteaga, Coah	25°23'20"	100°36'40"	2246
E. Zapata Arteaga, Coahuila	25°16'00"	100°46'24"	2020
El Cristal, Galeana, N. L.	24°50'32"	100°24'22"	1883

3.1.2 Suelos.

Los suelos de cada uno de las localidades de estudio van de migajón a migajón arcilloso según los datos de textura de la Tabla 3.2 obtenidos en el Laboratorio de Calidad de aguas del Departamento de Riego y Drenaje de La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Tabla 3.2. Datos de textura de suelo para las localidades de estudio.

ESTACIÓN	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	TEXTURA
El Jame Arteaga	23.2	36	40.8	Migajón
El Tunal, Arteaga	29.2	34	36.8	Migajón arcilloso
Los Lirios,Arteaga	23.6	36	40.8	Migajon
E.Zapata, Arteaga	37.2	40	22.8	Migajón arcilloso
El Cristal, N. L	31.2	32	36.8	Arcilloso

3.1.3.- Sistema de Riego.

El sistema de riego empleado en cada uno de las localidades de estudio se concentra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Sistema de Riego empleado en cada localidad de estudio.

LOCALIDAD	SISTEMA DE RIEGO
El Jame Arteaga	Cinta de goteo.
El Tunal, Arteaga	Lateral manual.
Los Lirios, Arteaga	Side roll.
E. Zapata, Arteaga	Pivote central.
El Cristal, N. L	Pivote central.

3.2 Manejo del cultivo.

Este trabajo se realizo paralelamente con otro proyecto de investigación cuyo objetivo principal consistió en determinar el consumo de agua por el cultivo de la papa durante el ciclo.

La Tabla 3.4 concentra la fecha de siembra en cada localidad de estudio, fecha de madurez, ciclo y variedad de papa.

Tabla 3.4 Ciclo vegetativo y variedad estudiada en cada localidad.

LOCALIDAD	SIEMBRA	MADUREZ	CICLO	VARIEDAD
CESIA, Arteaga; Coah.	25 de May.	10 de Sept.	106 días	Atlantic
EL Cristal, Galeana; N.L	17 de May.	4 de Oct.	138 días	Herta
El Jame, Arteaga; Coah	14 de Jun.	23 de Oct.	120 días	Alpha
Sn. Fco. Arteaga, Coah.	21 de Abr.	5 de Agos.	105 días	Gigant
El Tunal, Arteaga; Coah.	17 de Jun.	21 de Sept.	95 días	Gigant

3.3. Modelos comparados.

Los modelos comparados se eligieron previa revisión de su poder de predicción en zonas áridas y estos fueron:

Métodos de Temperatura.

Blaney y Criddle modificada por la FAO – 24 (1977)

$$ETP = a + b [p (0.46 T + 8.13)] \dots\dots\dots Ec. 3$$

Método de Hargreaves - Samani (1985)

$$ETP = 0.0023 * RA * (T^{\circ}C + 17.8) * TD^{0.5} \dots\dots\dots Ec.6$$

Método de Radiación

Método modificado de Penman (1948)

$$ETP = 0.0171 \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n + G) + 15.36 \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} (a + b U_2) (e_z^0 - e_z) \right] \dots\dots\dots Ec.11$$

Método de Jensen – Haise (1963)

$$ETp = Ct (T - Tx) Rs \dots\dots\dots Ec.7.$$

Los modelos extrapolables a zonas áridas fueron seleccionados basándose en las variables climatológicas que la estación Agroclimática registra y sobre todo considerando las condiciones bajo las que fueron desarrolladas.

3.4 Análisis Estadístico de los Modelos

Los valores de ETP diaria arrojados por cada uno de los modelos empleados en este trabajo y las lecturas de consumo registrado en los tensiómetros fueron variables claves para poder hacer la comparación entre modelos, y para ello, se procedió a obtener la media y la desviación estándar de cada serie de datos por modelo; asimismo, considerando que los modelos empíricos que predicen la ETP son, con respecto a los métodos directos algo distantes, es decir; involucran un error; se procedió a obtener errores reducidos mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$r(ETPi) = \frac{[m(ETPi) - \hat{m}(ETPi)]}{\sigma(eETPi)} \dots\dots\dots Ec. 32$$

DONDE :

$r(ETPi)$ = Errores reducidos.

$\sigma(ETP)$ = Desviacion estandar de la serie de datos de ETP arrojado por cada modelo

$\hat{m}(ETPi)$ = ETP estimado por el modelo.

$m(ETPi)$ = ETP medido con el tensiometro

Bajo el supuesto de que los errores reducidos $r(ETPi)$ son variables aleatorias independientes y normalmente distribuidas con media igual a 0 (cero) y varianza igual a 1 (uno) $N\sim(0,1)$ se consideró como criterio estadístico una prueba de hipótesis para cada modelo basándose en un distribución t student tal como a continuación se enuncia.

1^{ra} HIPÓTESIS

$$H_0 : m_R = 0$$

$$H_1 : m_R \neq 0$$

Siendo para este caso m_R la media de los errores reducidos. De tal forma que:

$$tc = \frac{\sqrt{n}(\bar{x} - m_R)}{S} \dots\dots\dots Ec.33$$

DONDE :

n = numero de errores reducidos

s = Desviacion de la serie de errores reducidos

tc es el valor de t calculado y se distribuye como una t de student con (n-1) g.l si y solo si $|tc| > t_{\alpha/2, (n-1)g.l}$ Ostle, (1983) citado por Cortés, (1988)

α es el nivel de significación.

Snedecor y Cochran, (1967) citado por Cortés, (1988) presenta un intervalo de confianza para m_R basada sobre la distribución t - student con una confianza del 95% de la siguiente manera:

$$\bar{x} - t_{0.05(n-1)g.l} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq m_R \leq \bar{x} + t_{0.05(n-1)g.l} \frac{s}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots Ec. 34$$

De igual forma presumiendo que los r(ETPi) se distribuyen normalmente se plantea:

2ª HIPÓTESIS.

H0 : $S^2_R = 1$

H1 : $S^2_R \neq 1$

Siendo para este caso S^2_R la varianza de los errores reducidos que bajo la teoría de normalidad.

$$x_c^2 = \frac{(n-1)s^2}{S_R^2} \dots\dots\dots Ec.35$$

X^2_c es el (valor de ji cuadrada) y se distribuirá como una X^2 con $(n-1)$ g.l si y solo si $H_0: S^2_R = 1$; la regla de decisión es: Rechazar $H_0: S^2_R = 1$ si $X^2_c \geq X^2_{\alpha/2, (n-1)g.l}$ o si $X^2_c \leq X^2_{-\alpha/2, (n-1)g.l}$. Ostle, (1973) citado por Cortés, (1988).

Snedecor y Cochran, (1967) presentan un intervalo de confianza para S^2_R con un 95% de confiabilidad de la siguiente manera:

$$\frac{\sum_{i=1}^n [r(ETPi)]^2}{X^2(0.025), (n-1)g.l} < S^2_R < \frac{\sum_{i=1}^n [r(ETPi)]^2}{X^2(0.975), (n-1)g.l} \dots \dots \dots \text{Ec. 36}$$

En las Tabla 4.1, 4.2, 4.3, y 4.4 Se muestra los resultados obtenidos tras ensayar las Hipótesis e intervalos de confianza para las medias (m_R) planteados con anterioridad.

3.4.1 Análisis de Regresión del modelo seleccionado

El propósito fundamental de este estadístico consistió en verificar que grado de explicación tiene la ETP estimada por el modelo seleccionado sobre la ETP medida in situ por medio de tensiómetros, y de esta manera obtener los coeficientes de determinación (r^2), y los de regresión (α_0 y β_1), los cuales se sometieron a las pruebas de hipótesis planteadas con el objeto de evaluar el poder de predicción del modelo y justificar su selección.

PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Esta hipótesis supone que ETP estimada se ajustan linealmente a la ETP medida, entendiéndose, por lo tanto, que el ajuste deseable entre la ETP medida y la ETP estimada; debería ser una recta proyectada sobre un ángulo de 45° con un intercepto ($\alpha_0 = 0$) y una pendiente ($\beta_1 = 1$) de ahí que los cuestionamientos sean: ($\alpha_0 = 0$), ($\beta_1 = 1$) y ($\beta_1 = 0$). La aceptación o el rechazo de estas hipótesis, para el caso de ($\alpha_0 = 0$), y ($\beta_1 = 1$) se hizo basándose en una prueba t student y para el caso de ($\beta_1 = 0$) se hizo

un análisis de varianza misma que se le sometió a una prueba de F, los estadísticos para (α_0) , (β_1) y $(\beta_1)'$ se determinaron y procesaron de la siguiente manera.

1ª HIPÓTESIS

Para que un modelo se considere apropiado su pendiente del ajuste lineal con los datos del tensiómetro debe ser igual a uno.

$$\mathbf{H_0 : \beta_1 = \beta_{1,0}} \qquad \mathbf{H_1 : \beta_1 \neq \beta_{1,0}}$$

Esto es, la hipótesis nula supone que la pendiente (β_1) es igual a uno en tanto que la hipótesis alternante supone que la pendiente (β_1) no es igual a uno. La prueba de estos supuestos se hizo conforme a la siguiente estadístico:

$$t_0 = \frac{\beta_1 - \beta_{1,0}}{\sqrt{MS_E / S_{XX}}} \dots\dots\dots Ec. 37$$

Tiene una distribución t con n-2 gl sí y solo sí $H_0: \beta_1 = \beta_{1,0}$ La regla de decisión en este caso es: se rechaza $H_0: \beta_1 = \beta_{1,0}$ si $|t_0| > t_{\alpha/2, n-2}$.

MS_E es la media de cuadrados del error, S_{XX} es la suma de cuadrados corregidas en X_i ; β_1 es la pendiente que resulta de la regresión y $\beta_{1,0}$ es la pendiente deseable en este caso

La suma de cuadrados corregida de X_i se calcula con:

$$S_{XX} = \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}{n} \dots\dots\dots Ec. 38$$

La suma corregida de los productos cruzados de X e Y se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$S_{XY} = \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)}{n} \dots\dots\dots Ec.39$$

La pendiente es calculado por:

$$\beta_1 = \frac{S_{XY}}{S_{XX}} \dots\dots\dots \text{Ec. 40}$$

2ª HIPÓTESIS.

Esta hipótesis se planteo para probar la significancia estadística de los valores (α_0), encontrados para una regresión y los compara contra la tendencia deseable; en otras palabras, esta prueba nos indica que tan próximo esta un valor de otro deseado.

$$\mathbf{H_0 : \alpha_0 = \alpha_{0,0}} \qquad \mathbf{H_1: \alpha_0 \neq \alpha_{0,0}}$$

Esto es, la hipótesis nula parte del supuesto de que (α_0) es igual a cero (el valor deseado) y, la hipótesis alternante establece que (α_0) es diferente de cero (o sea que hay significancia).

La hipótesis así planteada fue evaluada cuantitativamente por medio del siguiente estadístico:

$$t_0 = \frac{\alpha_0 - \alpha_{0,0}}{\sqrt{MS_E \left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{S_{XX}} \right)}} \dots\dots\dots \text{Ec. 41}$$

α_0 es el intercepto u ordenada al origen, $\alpha_{0,0}$ es el intercepto deseado que en este caso es 0.

El criterio de decisión consiste en la siguiente condición: si $t_0 > t_{\alpha/2, n-2}$ g.l entonces se rechaza $H_0: \alpha_0 = \alpha_{0,0}$.

3ª HIPÓTESIS.

Esta hipótesis se relaciona con la significación de la regresión, No rechazar $H_0: \beta_1 = 0$ equivale a concluir que no existe una relación lineal entre X e Y las hipótesis a probar son:

$$\mathbf{H_0: \beta_1 = 0} \qquad \mathbf{H_1: \beta_1 \neq 0}$$

Para probar esta hipótesis es necesario hacer un Análisis de varianza para probar la significación de la regresión como a continuación se describe:

F.variación	Suma de cuadrados	g.l	Media de cuadrados	F₀
Regresión	$SS_R = \beta_1 S_{XY}$	1	MS_R	MS_R / MS_E
Error	$SS_E = S_{YY} - SS_R$	$n - 2$	MS_E	
Total	S_{YY}	$n - 1$		

F_0 tiene una distribución $F_{1, n-2, g.l}$ y se rechaza H_0 si $F_0 > F_{\alpha, 1, n-2}$.

3.5 Datos climáticos registrados.

Las variables de clima que las estaciones registran son:

Temperatura (°c).

Humedad Relativa (%).

Precipitación. (mm).

Velocidad del viento (Km/día).

Dirección del viento (De acuerdo a puntos cardinales).

Cada una de estas variables fueron registradas diariamente a un intervalo de 30 minutos y fueron bajadas del Data logger de la estación por medio de una computadora portátil cada fin de semana durante el ciclo del cultivo. La información así generada fue ordenada según las variables exigidas por los modelos comparados para obtener promedios diarios que fue como se decidió trabajar los modelos.

3.6 Medición de la evapotranspiración.

Se instalaron tensiómetros a una profundidad de 15 y 30 cm, con el propósito de observar el comportamiento de la humedad del suelo durante el ciclo y así determinar el consumo de agua por el cultivo esto fue posible gracias al personal asignado por el INIFAP en cada una de las localidades de estudio cuya función se centró en tomar lecturas y vigilar el correcto funcionamiento de los tensiómetros.

Los datos tanto de clima como las lecturas de los tensiómetros se concentraban cada fin de semana asimismo, se monitoreo el cultivo durante todo su ciclo para poder apegarse a los requerimientos hídricos del cultivo; por otro lado es conveniente aclarar que el presente trabajo se realizó a campo abierto en lotes de productores cooperantes. Las mediciones de ET se pueden consultar en Rodríguez (2000) y aquí se rellaman a fin de correlacionarlos con la ETP calculada y llegar a estimar los coeficientes K_c para la papa.

3.7 **Datos estimados.**

Las variables, Radiación solar total (R_s), Radiación extraterrestre (R_A), y el Porcentaje medio diario de horas diurnas anuales (p) requeridas en el Método modificado de Penman, Jensen – Haise, Hargreaves –Samani y Blaney y Criddle respectivamente, se calculó basándose en Tablas que la FAO-24 reporta.

Sin embargo; puede apreciarse que los valores de las tablas (1, 2 y 3 del apéndice C) se reportan en forma mensual y para latitudes específicas, por lo que; fue necesario hacer una interpolación de estos valores para ajustarlos a la latitud de cada una de las localidades en que se efectuó el estudio después se corrió una regresión entre los días julianos y cada una de las variables (R_s), (R_A) y (p) mensual para obtener los valores diarios; los valores arrojados por la regresión se reportan junto con los datos del clima en el Apéndice B y al final se enuncia solamente la ecuación de ajuste.

3.8 **Determinación del Kc.**

El Kc del cultivo se determinó tras haber elegido el modelo que más se aproximó a predecir la ETP medida, y el procedimiento seguido en este caso es como se cita en la revisión de literatura, es decir; primeramente se obtuvo el Kc experimental y posteriormente se procedió a ajustarlo definiendo las etapas fenológicas en función de los Días Grado Crecimiento (DGC) con el propósito de poder hacer más versátil la información así generada. En resumen los valores de Kc que se reportan en el apéndice D se obtuvieron al correlacionar los DGC vs KC experimental y para ello se recurrió a las Ecuaciones (30) y (31) y a los datos de temperatura media.

Es importante mencionar que los Kc experimentales se ordenaron de menor a mayor hasta el punto crítico (valor más alto del Kc experimental) y a partir de este valor se ordenaron de mayor a menor ya que se observó no existía mucha desviación de dichos valores y que esto de cierta forma no permitiría adecuar valores de Kc prácticos en la programación de los riegos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de iniciar a discutir los resultados obtenidos en el desarrollo de esta investigación, es preciso destacar que de las cinco localidades que se contemplaba estudiar solo en cuatro de ellas fue posible realizar mediciones de la ET real por medio de tensiómetros, estas son: Emiliano Zapata, Los Lirios, El Jame y El Tunal; quedando fuera de estudio La localidad de El Cristal, Galeana; Nuevo León.

Asimismo, es importante señalar que la ET medida para la papa se determinó mediante un balance de humedad a tensiones en el suelo variando en un rango de 0 – 70 centibares para los equipos de aspersión y de 0 – 53 centibares para el sistema de riego por goteo. Por otro lado, se aclara también, que los valores de ET estimadas no se corrigieron por el Kc del cultivo (según la fase fenológica) porque no se contó con alguna estimación aceptable de estos coeficientes para el cultivo en la región; razón por la cual, en el análisis de tendencia de los modelos se optó en correlacionar la ET real contra la ETP estimada; aceptando como modelo de mayor precisión aquel que tuviera menor desviación de los valores observados tal como se muestra en las Fig. 4.1, 4.2, 4.3, y 4.4.

Las estimaciones de evapotranspiración diaria obtenidas en la aplicación de cada modelo así como los consumos diarios que se obtuvieron in situ a partir de la emergencia y hasta el desvare del cultivo de papa se presentan por localidad en el apéndice A –1, A- 2, A-3 A-4, y A – 5.

4.1 Coeficiente de variación de los modelos.

Entre métodos y para la localidad de Emiliano Zapata el método que mayor coeficiente de variación presentó fue el de J. Haise, $C:V = 12.50\%$; le siguieron en orden descendente los métodos de H.Samani; B.Criddle y Penman con un coeficiente de variación de 10.98%, 10.67%, y 7.05% respectivamente.

Para el caso de la localidad de Los Lirios, el mayor Coeficiente de variación fue para el modelo de Jensen Haise, con un $C.V = 19.41\%$ y los modelos que le siguieron son

H.Samani, B.Criddle, y Penman con coeficientes de variación igual a 14.16%, 12.01% y 8.55%.

En lo que respecta a El Jame se observa que el modelo de J.Haise sigue ocupando el mayor coeficiente de variación $C.V = 23.23\%$ seguido en orden descendente por los modelos de B.Criddle, H.Samani, y Penman cuyos $C.V$ son 21.96%, 17.88% y 15.07% respectivamente.

En El Tunal el mayor coeficiente de variación lo obtiene el modelo de J.Haise cuyo valor es de $C.V = 15.66\%$ y le siguen los modelos de H.Samani, Penman y B.Criddle cuyos $C:V$ fueron del orden de: 12.2%, 9.1% y 8.24%.

4.2 Modelo de mejor aproximación.

De las cuatro localidades en las que fue posible realizar el presente, solamente en tres de ellas se adecuo un modelo, asimismo; de los cuatro modelos comparados solo uno fue el que proporcionó estimaciones de alta confiabilidad; para este caso en particular el modelo de Jensen – Haise (1948) que estima la evapotranspiración basándose en la temperatura, radiación solar y horas sol (N/n) proporcionó estimaciones de ET muy próximos a las mediciones obtenidas en los tensiometros.

El criterio de selección del mejor modelo se hizo basándose en un análisis de errores reducidos y un ensayo bilateral de hipótesis tanto para la media como para la varianza de los mismos, por medio del estadístico t - student que se aplico a cada uno de los modelos comparados.

La estructura matemática del modelo seleccionado es:

$$ET_p = C_t (T - T_x) R_s \dots \dots \dots Ec)7.$$

En donde (Ct) es un coeficiente de temperatura del aire constante para un área dada, determinada a partir de las temperaturas máxima y mínima para el mes mas cálido (T) es la temperatura media diaria del aire, (Tx) es una constante regional que representa la

intercepción de la ecuación lineal con el eje de la temperatura, y (R_s) es la radiación solar diaria expresada como lamina equivalente de evaporación.

Con respecto a los otros modelos, al detenernos a analizar el modelo de Penman se observa que, además, de involucrar la temperatura promedio del aire, radiación solar, y las horas sol, involucra también, lo que es la velocidad del viento y humedad relativa; Hargreaves Samani, al igual, involucra en su modelo radiación solar extraterrestre, temperatura media pero, además, agrega la oscilación de las temperaturas durante el periodo considerado (TD); Blaney y Criddle en cambio, involucra en su modelo, la temperatura media y el porcentaje de horas sol, no obstante; hay que aclarar que en la realización de este trabajo la relación entre ETP y la fuerza evaporante (f) de Blaney y Criddle, que varia ampliamente entre climas, se corrigió mediante una regresión aplicado a rangos climáticos de humedad relativa, porción de horas sol y viento; para lo cual se recurrió a la ecuación propuesta por Febré *et al*, (1983). para calcular el coeficiente de regresión “b” y a la ecuación presentada por Doorenbos y Pruitt, (1977) para calcular el coeficiente de regresión “a”.

Independientemente de que el objetivo del trabajo no sea analizar que variables surten efecto en el fenómeno de evapotranspiración se observa que la función de humedad en cualquiera de sus presentaciones, y la velocidad del viento juntamente con el nivel de radiación, deberán correlacionarse en proporciones justas de acuerdo a condiciones espaciales y de tiempo.

4.3 Incertidumbre Estadística de la Modelación de la ET

En la Tabla 4.1 en la cual se puede apreciar que la hipótesis planteada $H_0: m_R = 0$ a un nivel de significancia de 0.05 ninguno de los 4 modelos comparados cumplen con dicha hipótesis, por lo que, se decidió reducir el nivel de significancia a 0.010; lográndose con ello que el método de Jensen Haise no se rechazará $H_0: m_R = 0$ a un nivel de significancia $\alpha = 0.010$, asimismo, al verificar el intervalo de confianza se observa que el método de Jensen Haise es el único cuya m_R se aproxima a 0 (cero).

Para el caso de la Localidad de San Francisco y El tunal se ensayo la hipótesis $H_0: m_R = 0$ vs $H_1: m_R \neq 0$ a un nivel de significación de 0.05 (Tabla 4.2 y 4.4) observándose que para ambas localidades el modelo que más se aproxima a predecir la ETP es el método de Jensen Haise debido a que $H_0: m_R = 0$ no se rechaza; lo cual, equivale a decir que $m_R = 0$, mismo que se corrobora al verificar el intervalo de confianza a un nivel de significancia de 0.05.

La localidad El Jame, como era de esperarse, ningún modelo de los cuatro aquí comparados se aproxima a predecir la ETP debido a que los valores de ETP medidos in situ son muy elevados con respecto a los estimados, fundamento de lo anteriormente escrito; puede apreciarse con mayor claridad en la tabla No.4.3 al ensayar la hipótesis bilateral $H_0: m_R = 0$ a un nivel de significancia de 0.05, misma que fue rechazada, por lo que se puede afirmar que $m_R \neq 0$.

En lo que respecta a la hipótesis $H_0: S^2_R = 1$ versus $H_1: S^2_R \neq 1$ puede observarse que tanto para las Localidades de Emiliano Zapata, San Francisco, y El Tunal no se rechaza $H_0: S^2_R = 1$ a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ para ninguna de las varianzas de los $r(ETP_i)$ de los 4 modelos aquí comparados; lo cual, equivale a decir, que en efecto la S^2_R es igual a 1. (Ver Tablas No 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8). No obstante, al verificar el Intervalo de confianza a un 95% de confiabilidad se observa que para las tres localidades el modelo que más aproxima su $S^2_R = 1$ es el método de Jensen Haise.

Para el caso de El Jame se observa que X^2_C no es mayor a $X^2_{(0.025), 111 g.l}$. No obstante no cumple con la condición $X^2_C > X^2_{(0.975), 111 g.l}$ por lo que se rechaza $H_0: S^2_R=1$ y se acepta la hipótesis alternante $H_1: S^2_R \neq 1$.

Por otro lado es preciso hacer notar que para las Localidades de Emiliano Zapata, San Francisco, y El Tunal; tras analizar las hipótesis ensayadas tanto para la m_R como para la S^2_R ; así como de una minuciosa revisión del intervalo de confianza se observa que el orden de precisión de los modelos es: 1).- **Jensen Haise**; 2).- **Blaney y Criddle Modificado por FAO 24**; 3).- **Método combinado de Penman** y 4).- **Hargreaves Samani**, mismo que deberá tomarse en consideración en caso de querer usar un método alternativo; o bien, para efecto de calibrar el modelo.

4.3.1 Ensayo de Hipótesis para las $m_R=0$ e Intervalo de confianza de cada modelo

Tabla 4.1: Campo Experimental Emiliano Zapata; Arteaga; Coah.

Modelo	Tc	t_{0.01, 72 g.l}	Intervalo de confianza
B.Criddle Mod FAO 24	5.1862	2.8978	$0.2678 \leq m_R \leq 0.9462$
Jensen Haise	-2.8708	2.8978	$-0.6752 \leq m_R \leq 0.0032$
Hargreaves Samani	6.2286	2.8978	$0.3898 \leq m_R \leq 1.0682$
Met.Combinado Penman	4.6821	2.8978	$0.2088 \leq m_R \leq 0.8872$

Tabla 4.2: Sn. Francisco, Arteaga; Coahuila

Modelo	Tc	t_{0.05, 88 g.l}	Intervalo de confianza
B.Criddle Mod FAO 24	5.1862	2.8978	$0.2678 \leq m_R \leq 0.9462$
Jensen Haise	-2.87	2.8978	$-0.6752 \leq m_R \leq 0.0032$
Hargreaves Samani	6.2286	2.8978	$0.3898 \leq m_R \leq 1.0682$
Met.Combinado Penman	4.6821	2.8978	$0.2088 \leq m_R \leq 0.8872$

Tabla 4.3: El Jame Arteaga Coahuila

Modelo	Tc	t_{0.05, 111 g.l}	Intervalo de confianza
B.Criddle Mod FAO 24	28.857	2.2754	$0.7230 \leq m_R \leq 1.1530$
Jensen Haise	21.424	2.2754	$1.1110 \leq m_R \leq 1.5410$
Hargreaves Samani	37.778	2.2754	$1.8340 \leq m_R \leq 2.2640$
Met.Combinado Penman	35.076	2.2754	$1.6510 \leq m_R \leq 2.0810$

Tabla 4.4: El Tunal, Arteaga; Coahuila

Modelo	Tc	t_{0.05, 73 g.l}	Intervalo de confianza
B.Criddle Mod FAO 24	2.6434	2.2882	$0.0250 \leq m_R \leq 0.5570$
Jensen Haise	1.3615	2.2882	$-0.1120 \leq m_R \leq 0.4200$
Hargreaves Samani	13.912	2.2882	$1.2850 \leq m_R \leq 1.8170$
Met.Combinado Penman	10.874	2.2882	$0.9450 \leq m_R \leq 1.4770$

4.3.2 Ensayo de Hipótesis para las $S^2_R=1$ e Intervalo de confianza de cada modelo.

Tabla 4.5: Campo Experimental Emiliano Zapata; Arteaga; Coah.

Modelo	X^2_C	$X^2_{(0.025), 72 \text{ g.l}}$	$X^2_{(0.975), 72 \text{ g.l}}^2 C$	Intervalo de confianza
B.Criddle Mod FAO 24	72	98.181	50.43	$1.0285 < S^2_R < 1.9616$
Jensen Haise	72	98.181	50.43	$0.8171 < S^2_R < 1.5908$
Hargreaves Samani	72	98.181	50.43	$1.1516 < S^2_R < 2.1963$
Met.Combinado Penman	72	98.181	50.43	$0.9763 < S^2_R < 1.8619$

Tabla 4.6: Sn. Francisco, Arteaga; Coahuila

Modelo	X^2_C	$X^2_{(0.025), 88 \text{ g.l}}$	$X^2_{(0.975), 88 \text{ g.l}}^2 C$	Intervalo de confianza
B.Criddle Mod FAO 24	89.320	115.83	63.95	$3.744 < S^2_R < 6.7814$
Jensen Haise	90.464	115.83	63.95	$0.7764 < S^2_R < 1.4062$
Hargreaves Samani	94.864	115.83	63.95	$5.3664 < S^2_R < 9.7199$
Met.Combinado Penman	94.688	115.83	63.95	$4.0410 < S^2_R < 7.3192$

continuation...

Tabla 4.7: El Jame Arteaga Coahuila

Modelo	X^2_C	$X^2_{(0.025), 111 \text{ g.l}}$	$X^2_{(0.975), 111 \text{ g.l}^2 C}$	Intervalo de confianza
B.Criddle Mod FAO 24	38.184	140..426	83.283	$0.5377 < S^2_R < 0.9067$
Jensen Haise	72.705	140..426	83.283	$1.2282 < S^2_R < 2.0708$
Hargreaves Samani	63.714	140..426	83.283	$2.4329 < S^2_R < 4.1022$
Met.Combinado Penman	62.493	140..426	83.283	$2.0309 < S^2_R < 3.4244$

Tabla 4.8: El Tunal, Arteaga; Coahuila

Modelo	X^2_C	$X^2_{(0.025), 73 \text{ g.l}}$	$X^2_{(0.975), 73 \text{ g.l}^2 C}$	Intervalo de confianza
B.Criddle Mod FAO 24	69.131	98.503	51.277	$0.7886 < S^2_R < 1.5148$
Jensen Haise	71.029	98.503	51.277	$0.7525 < S^2_R < 1.3852$
Hargreaves Samani	70.007	98.503	51.277	$2.4670 < S^2_R < 4.7390$
Met.Combinado Penman	69.934	98.503	51.277	$1.7784 < S^2_R < 3.4164$

4.4 Análisis de Tendencias.

Las gráficas de análisis de tendencia Figura 4.1, 4.2 y 4.3 corresponden a las localidades de Emiliano Zapata, San Francisco y El Tunal, respectivamente; localidades en las que el modelo de ET adecuado resulto ser el de Jensen – Haise, en tanto que para el caso de la localidad de El Jame no se adecuo ninguno de los cuatro modelos comparados en este trabajo debido mas que nada, a los elevados valores de ET real que se determino lo cual asciende a 1021.15 mm durante el ciclo, mientras que las estimaciones de los modelos de Jensen Haise, Blaney Criddle, Penman y Hargreaves Samani fueron en el orden de 701.42 mm, 564.27 mm, 534.95 mm y 481.15 mm respectivamente; la Figura 4.4 muestra claramente como es que los modelos de ETP en el orden arriba descrito subestiman la ET real en un 31.3%, 44.7%, 47.6 y 52.8% es decir para el modelo mas bajo que es el de Hargreaves Samani subestima en mas de la mitad los valores de evapotranspiración observados.

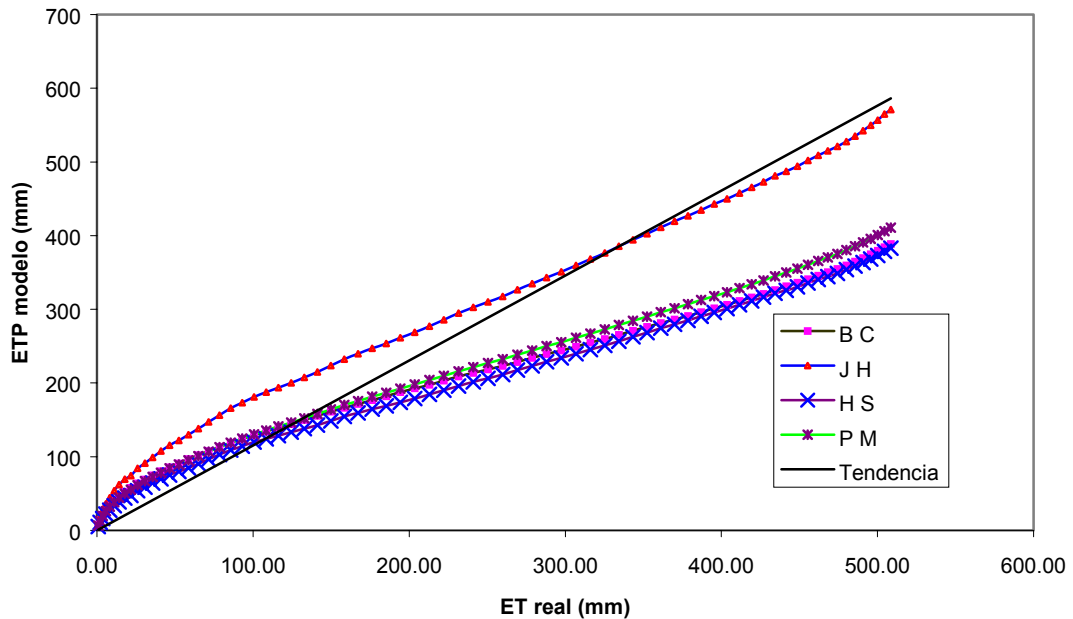


Figura 4.1 Comparación de los Modelos para la Localidad de Emiliano Zapata

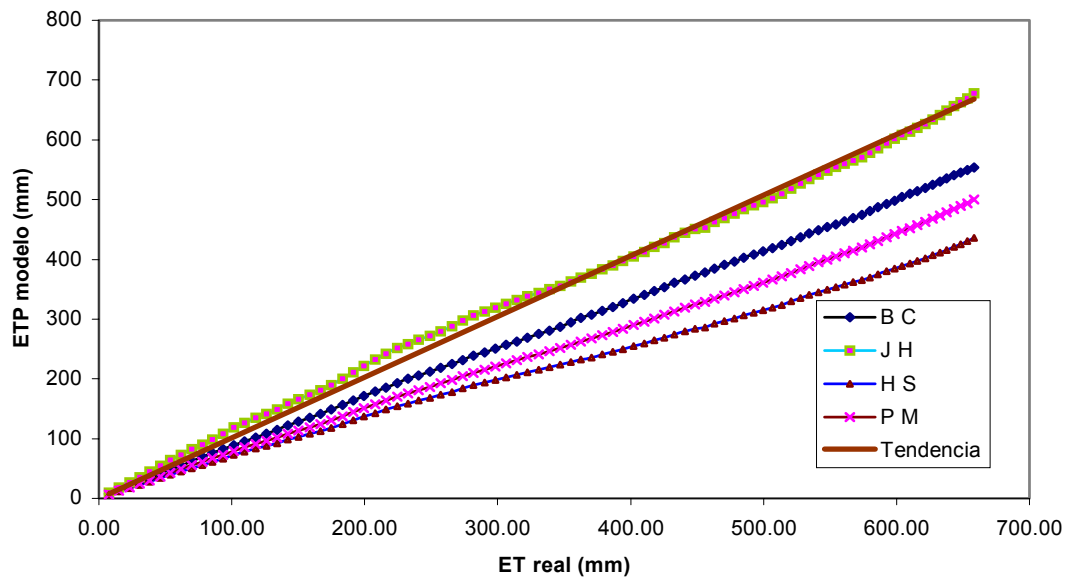


Figura 4.2 Comparación de los Modelos para la Localidad de San Francisco.

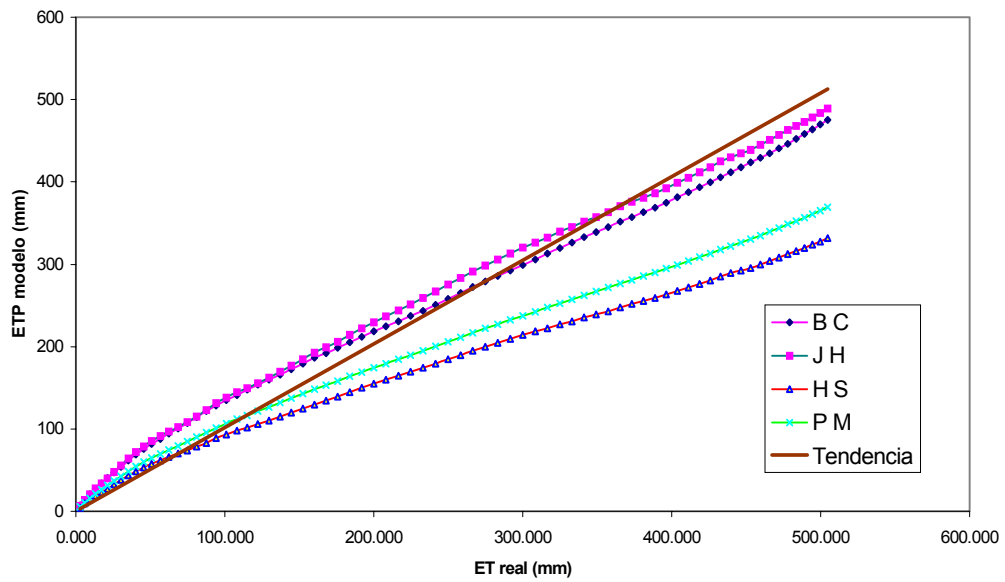


Figura 4.3 Comparación de los Modelos para la Localidad de El Tunal.

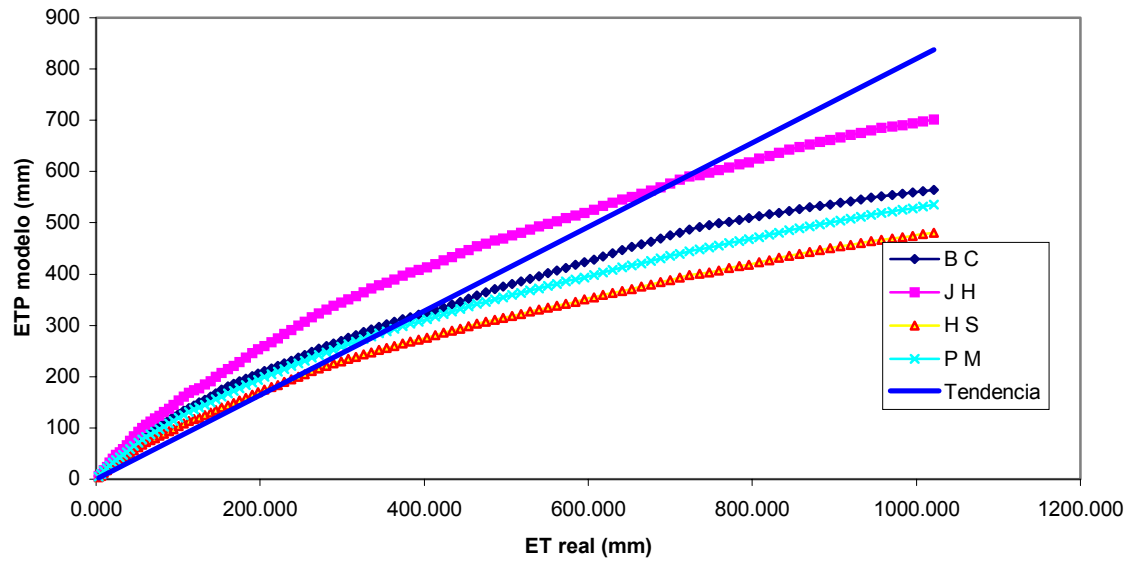


Figura 4.4 Comparación de los Modelos para la Localidad de El Jame.

4.4.1 Análisis de Regresión del Modelo de Jensen Haise seleccionado.

Una vez seleccionado el modelo en las tres localidades antes descritas, se le corrió una regresión entre la ET real vs ETP modelo con el objeto de obtener los parámetros de regresión como son: el coeficiente de determinación, la pendiente y el intercepto, para posteriormente hacer un análisis estadístico de ello y verificar la significación de la regresión.

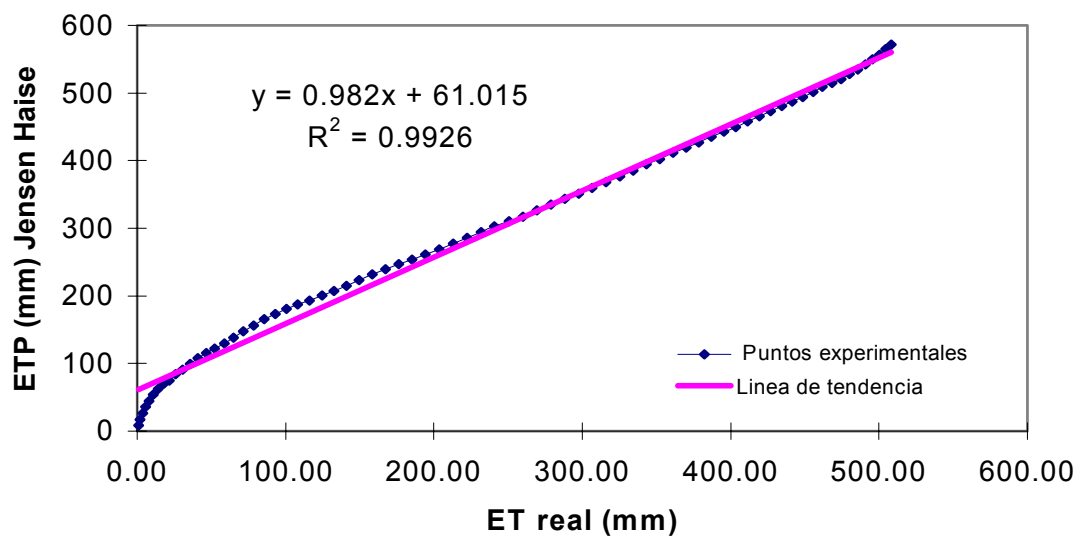


Figura. 4.5 Gráfico de regresión del modelo seleccionado entre ET estimada vs ET real, correspondiente a la Localidad de Emiliano Zapata.

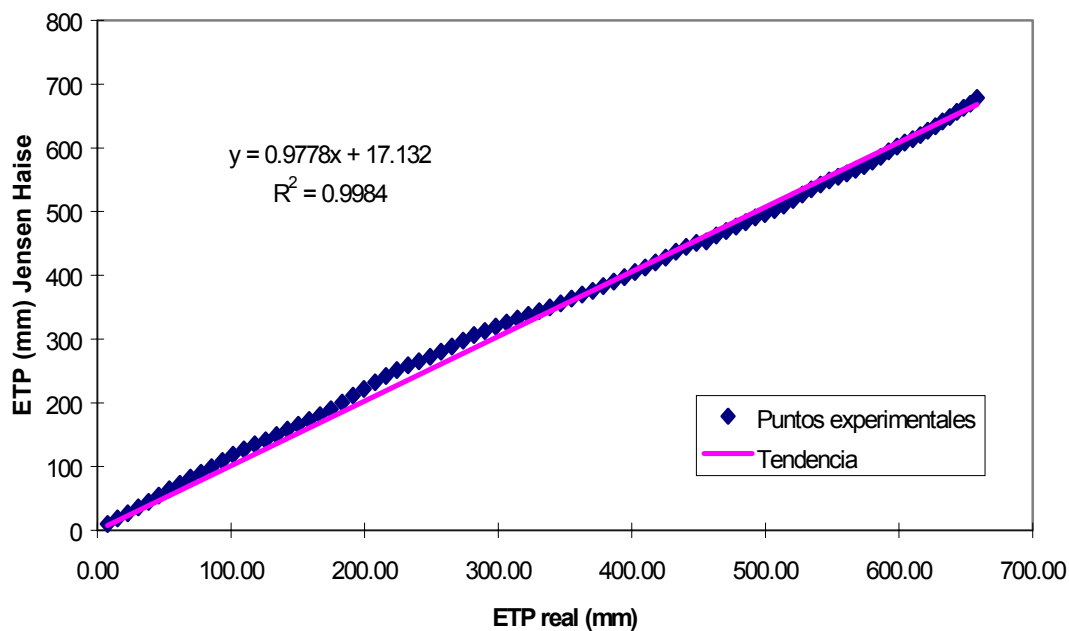


Figura 4.6 Gráfico de regresión del modelo seleccionado entre ET estimada vs ET real, correspondiente a la Localidad de San Francisco.

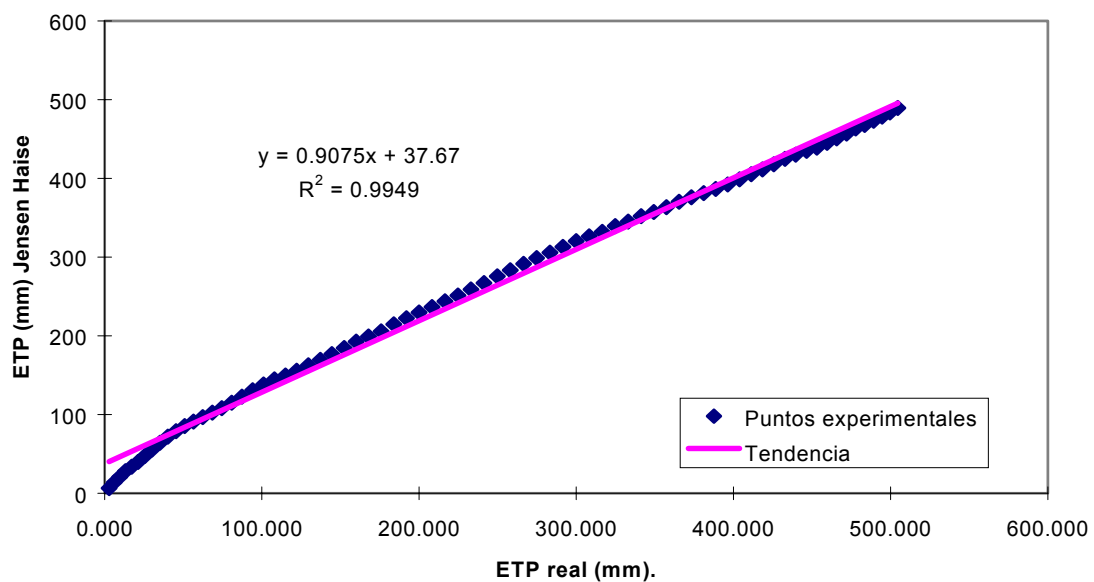


Figura 4.7 Gráfico de regresión del modelo seleccionado entre ET estimada vs ET real, correspondiente a la Localidad de El Tunal.

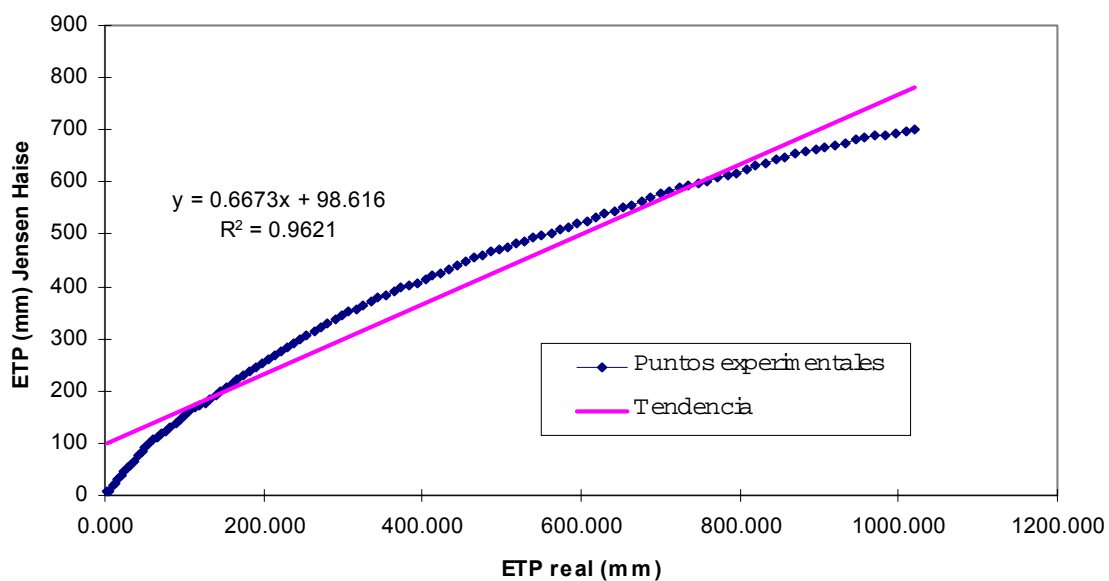


Figura 4.8 Gráfico de regresión del modelo seleccionado entre ET estimada vs ET real, correspondiente a la Localidad de El Jame

Las pruebas de hipótesis ensayadas a los coeficientes de regresión del modelo seleccionado se presenta para cada una de las localidades en la Tabla 4.9; del cual se observa que solo para el caso de la Localidad de Emiliano Zapata se acepta la hipótesis $H_0: \beta_1 = \beta_{1,0}$; no ocurriendo así para la hipótesis $H_0: \alpha_0 = 0$ la cual fue rechazada debido a que $|17.976| > 1.9960$, para el caso de prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión de las Localidades de Sn. Francisco, El Tunal y el Jame; se observa que tanto para la hipótesis que plantea $H_0: \beta_1 = \beta_{1,0}$ como para la que plantea $H_0: \alpha_0 = 0$ se rechazan y en consecuencia se acepta las hipótesis alternantes que establecen: $H_1: \beta_1 \neq \beta_{1,0}$ y $H_1: \beta_0 \neq 0$. Para el caso de la Localidad de El Cristal no se reporta estadística alguna debido a que no se concentraron datos de ET real. (Ver Tabla 4.9).

4.4.2 Ensayo de hipótesis para verificar la significación de la regresión del modelo de Jensen Haise seleccionado.

Las hipótesis ensayadas para verificar la significación de la regresión basándose en un análisis de varianza para las cuatro regresiones de las cuatro localidades se rechazaron debido a que F_0 es en gran medida mayor a $F_{0.01,1, (n-2)g,1}$ por lo que se aceptó la hipótesis alternante que establece: $H_1: \alpha_0 \neq 0$ teniéndose con ello plena seguridad de que si existe una relación lineal entre X e Y (En este caso sería ETP medida vs ETP estimada). (Ver Tablas 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14).

Estadísticamente lo que aquí se discute puede corroborarse en las Tablas No 4.10; la cual resume los coeficiente de determinación (r^2) de cada una de las regresiones por localidad, y la relación ETPestimada / ETP medida de cada uno de los modelo.

Estadísticas resumidas en la tabla 4.9 y 4.10 refieren que la selección del modelo de Jensen – Haise; Como era de esperarse y a sabiendas de que el modelo es netamente empírico; no predice en un 100% la ETPmedida, sin embargo, si existe una aproximación aceptable ya que como puede verse en la Localidad de Emiliano Zapata el modelo sobrestima la ETPmedida en un 12.34%; para la Localidad de Los Lirios el modelo sobrestima solo en un 3.04% mientras que para la localidad de El Tunal el modelo subestima en un 3.75%. Para el caso de la Localidad de El Jame obsérvese que el Modelo de Jensen- Haise subestima en gran medida la ET real (31.31%); razón por demás suficiente para que ni éste ni ningún otro modelo se adecuara a ésta Localidad además, de que los modelos aquí comparados y que no fueron seleccionados, se debió a que sus errores reducidos no se distribuyeron normalmente con media cero y varianza uno tal como se supuso; no obstante, se les corrió una regresión lineal y se les analizó la relación ETP/ETPmedida, ver resumen en las (Tablas 4.14, 4.15, 4.16 y 4.17.) Independientemente de que presentan un buen coeficiente de determinación ninguno de estos modelos se aproxima a predecir confiablemente ya que como puede verse presentan una sub estimación sobre la ETPmedida.

4.4.3 Ensayo de hipótesis a los coeficientes de regresión del modelo seleccionado.

Tabla 4.9: Estadístico t student aplicado a los coeficiente de regresión del modelo seleccionado.

Localidad	Modelo	Coef. De regresión		t calculado		$t_{0.05 (n-2) gl}$
		β_1	α_0	$\beta_1 = 1$	$\alpha_0 = 0$	
Emiliano Zapata	Jensen Haise	0.9820	61.015	-1.7885**	17.976	1.9960
San Francisco	Jensen Haise	0.9778	17.132	-5.2349	9.0070	1.4600
Tunal	Jensen Haise	0.9875	37.67	-15.265	18.776	1.9460
Jame ^{(1)*}						
Cristal ^{(2)*}						

⁽¹⁾No se adecuo ningún modelo. ⁽²⁾ Sin datos de tensión durante el ciclo.

** $|-1.7885| < 1.9960$ por lo que se acepta $H_0: \beta_1 = 1$.

Tabla 4.10: Coeficientes de determinación del modelo seleccionado y relación ETP/ET medida.

Localidad	Modelo	Relación ETP/ ETPmedida	Coef. de determinación
Emiliano.Zapata	Jensen Haise	1.1234	0.9926
San Francisco	Jensen Haise	1.0304	0.9984
Tunal	Jensen Haise	0.9695	0.9949
Jame ^{(1)*}			
Cristal ^{(2)*}			

4.4.4 **Análisis de varianza del modelo Jensen Haise seleccionado para verificar la significación de la regresión.**

Tabla 4.11: Análisis de varianza (Emiliano Zapata, Arteaga; Coah.).

F. variación	Suma de Cuadrados	g.l	Media de cuadrados	F ₀	F tablas
Regresión	1989173.02	1	1989173.02	9159.94**	7.0378
Error	14835.3015	71	208.9479		
Total	200400.32	72			

Tabla 4.12: Análisis de varianza (San Francisco, Arteaga; Coah.).

F. variación	Suma de Cuadrados	g.l	Media de cuadrados	F ₀	F tablas
Regresión	3268064.43	1	3268064.43	53167.33**	6.976
Error	5347.67459	87	61.467524		
Total	3273412.1	88			

Tabla 4.13: Análisis de varianza (El Tunal, Arteaga; Coahuila.).

F. variación	Suma de Cuadrados	g.l	Media de cuadrados	F ₀	F tablas
Regresión	857360.407	1	857360.407	12464.202**	7.0416
Error	4952.57916	75	68.785821		
Total	862312.986	76			

Tabla 4.14: Análisis de varianza (El Jame, Arteaga; Coahuila.).

F. variación	Suma de Cuadrados	g.l	Media de cuadrados	F ₀	F tablas
Regresión	4701904.56	1	4701904.56	2796.16**	6.88
Error	184971.25	110	1681.56		
Total	4886875.81	111			

4.4.5 Regresión de modelos no seleccionados.

Tabla No 4.15: Análisis de Regresión (San Francisco, Arteaga; Coahuila.).

Modelo	ETP/ETPm.	β_1	α_0	r^2	Subestima
HS	0.662	0.6301	6.476	0.9985	33.80%
PM	0.759	0.7315	1.955	0.9988	24.10%
BC	0.842	0.8258	3.792	0.9998	15.80%

Tabla 4.16: Análisis de Regresión (El Tunal, Arteaga; Coahuila.).

Modelo	ETP/ETPm	β_1	α_0	r^2	Subestima (%)
HS	0.657	0.6095	25.694	0.9951	34.30%
PM	0.732	0.6765	30.291	0.9943	26.80%
BC	0.942	0.9956	36.581	0.9956	5.80%

Tabla 4.17: Análisis de Regresión (Emiliano Zapata, Arteaga; Coah.).

Modelo	ETP/ETPm	β_1	α_0	r^2	Subestima (%)
HS	0.754	0.6616	38.782	0.9927	24.60%
PM	0.765	0.6533	49.557	0.9889	23.50%
BC	0.808	0.7041	45.740	0.9957	19.20%

Tabla 4.18: Análisis de Regresión (El Jame, Arteaga; Coah.).

Modelo	ETP/ETPm	β_1	α_0	r^2	Subestima (%)
HS	0.471	0.4542	64.715	0.9676	52.90%
PM	0.524	0.502	76.548	0.9645	47.60%
BC	0.553	0.5406	79.926	0.9676	44.70%

4.5 Valores de Kc obtenidos.

Respecto a los valores obtenidos del Kc, se puede decir, son representativos de las exigencias hídricas de la variedad, ya que, como puede apreciarse en la Figura 4.8 que corresponde a la variedad Gigant el punto crítico o de máxima demanda se presenta tras haber acumulado 532 unidades calor, en promedio; siendo en este caso un valor de Kc igual a 1.53; en términos de demanda hídrica, esto equivale a decir existe una exigencia del cultivo en un 53% más de la exigencia climática.

Para el caso de la variedad Gigant pero sembrada en la localidad de San Francisco, se observa existe un continuo incremento del Kc hasta haber acumulado en promedio 505 unidades calor (53.75% del total requerido, aproximadamente) y vuelve a descender sin mucha variabilidad de un valor con respecto a otro, lo que puede explicarse por medio de una ecuación cuadrática cuyo coeficiente de determinación es de 0.8477 (Ver Figura 4.9).

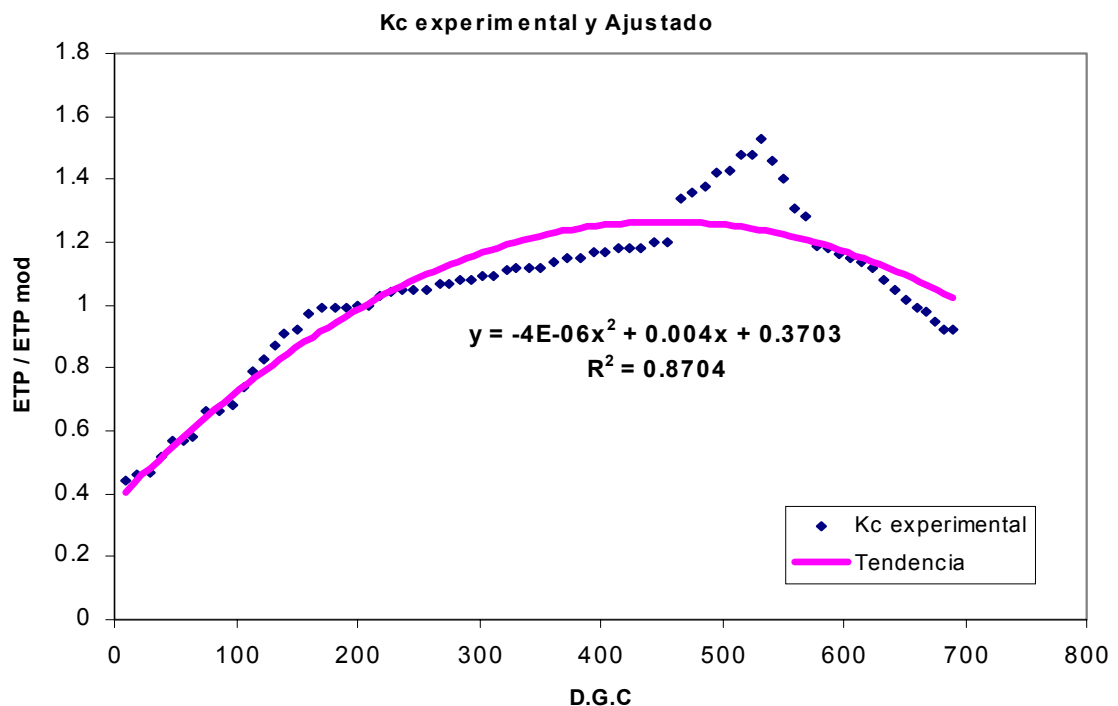


Figura 4.8: Kc variedad Gigant; Localidad el Tunal, con riego por aspersión semi portátil

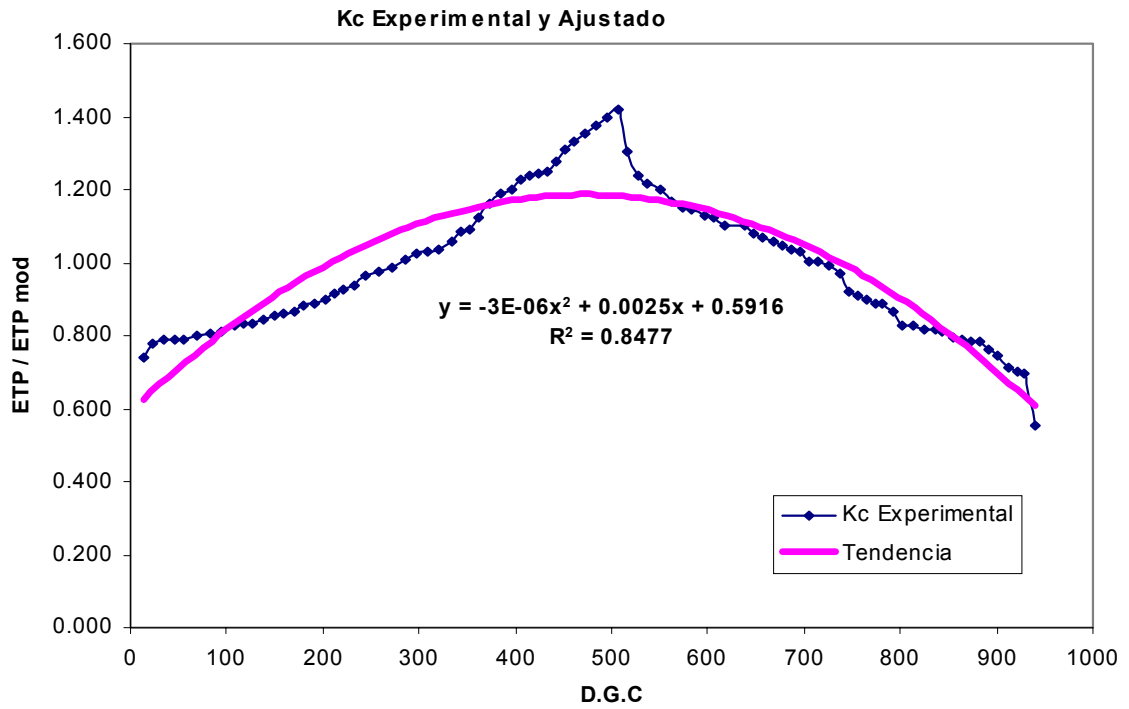


Figura 4.9. Kc variedad Gigant, Localidad San Francisco, con riego por aspersión Side roll.

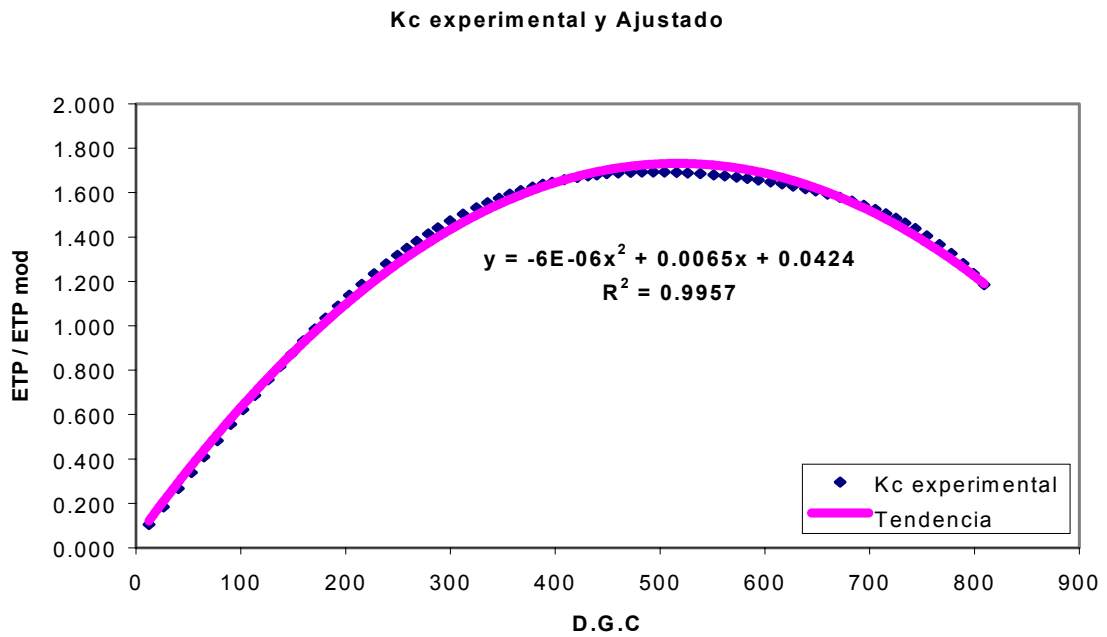


Figura 4.10. Kc variedad Atlantic Localidad Emiliano Zapata, con riego por Pivote central.

En la figura 4.10, es notable que el punto crítico se presenta al haberse acumulado 490 unidades calor, ($K_c = 1.69$); asimismo, se aprecia que la línea de tendencia corresponde a una ecuación cuadrática cuyo coeficiente de determinación es de 0.9957.

Hasta aquí, queda demostrado que la línea de tendencia de mayor ajuste para predecir los valores del K_c de cada localidad; es descrita, por una ecuación cuadrática, no obstante, es imprescindible hacer notar que cada una de ellas tienen un nivel de precisión y un rango de aplicación tal como a continuación se describe:

Localidad	Rango de Aplicación	Nivel de Precisión
Tunal	$9 \leq D.G.C \leq 680$	Sobrestima (7.38%)
San Francisco	$13 \leq D.G.C \leq 939$	Subestima (14.5%)
Emiliano Zapata	$12 \leq D.G.C \leq 800$	Sobrestima (4.42%)

Para el caso de la variedad Alpha, que se sembró en El Jame; no se procedió a obtener el K_c debido a que ninguno de los cuatro modelos de ETP estudiados se adecuó para esta localidad y, en consecuencia, no fue posible obtener valores de K_c experimentales.

En general, los valores de K_c observados, en las 3 localidades antes mencionadas, tienen estrecha relación con el sistema de riego y la variación de la tensión en el suelo ya que al detenerse y analizar las gráficas de distribución de humedad que reporta Rodríguez (2000), se observa que para el caso de la localidad del Jame donde se regó con cinta de goteo, las tensiones oscilan entre 0 y 60 centibares. Para el caso de la localidad de Emiliano Zapata regado con pivote central, se observa que las tensiones oscilan entre 0 y 65 centibares mientras que; para las localidades del Tunal y Los Lirios, en donde, se regaron con sistemas de aspersión lateral manual y Side rool respectivamente; las tensiones oscilaron entre 0 y 70 centibares; esto explica en gran medida la influencia operacional que ejerce cada uno de los sistemas de riego, es decir, la frecuencia con que se aplica y la forma en que se efectúa.

Para ver los valores de K_c obtenidos en cada localidad y para cada variedad refiérase al apéndice D.

CONCLUSIONES.

Una vez hecha las consideraciones estadísticas necesarias para la afirmación del planteamiento de hipótesis y que daría como resultado responder el éxito o el fracaso de los objetivos propuestos al inicio del presente trabajo, se tiene la satisfacción de enunciar que:

1. En efecto, existe significancia entre modelos de ETP al ser comparados con respecto a la ET medida in situ, además, se corrobora también de que aún entre modelos existe una gran significancia entre ellos, debido básicamente a las variables de clima que implican en su estructura matemática, resultando ser más confiables los modelos de radiación que los modelos de temperatura.
2. El modelo de ETP que más se adecuó a la Región productora de papa de Coahuila y Nuevo León resultó ser el modelo de Jensen Haise; dado que estadísticamente, fue el modelo más representativo y fidedigno para el cultivo de papa.
3. El orden de precisión de los modelos aquí comparados es: 1).- Jensen Haise, 2).- Blaney y Criddle modificado por FAO – 24, 3).- Método combinado de Penman y 4).- Hargreaves Samani, mismo que deberá tomarse en consideración en caso de querer utilizar un método alternativo o bien, para efecto de calibración del modelo; lo cual, concuerda con los resultados encontrados por García H.G, (1985).
4. En el fenómeno de evapotranspiración se observó que la función de humedad en cualquiera de sus presentaciones, y la velocidad del viento, juntamente con el nivel de radiación, deberán correlacionarse en proporciones justas de acuerdo a las condiciones espaciales y de tiempo.
5. La información Agroclimática obtenida es confiable para estimar el consumo de agua en el cultivo de papa, siempre y cuando se usen coeficientes (K_c) regional del

mismo, y se procure manejar la información en periodos de tiempos adecuados así como procurar tener en cuenta las unidades con las que el modelo trabaja.

6. Para este estudio resulto pertinente describir el K_c del cultivo por medio de una ecuación cuadrática, dado que fue el modelo que mayor ajuste mostró al K_c experimental del cultivo; asimismo, se observó que este parámetro esta íntimamente ligado a la operación de cada uno de los sistemas de riego. (frecuencia y forma de aplicación).
7. Los Días Grado Crecimiento (DGC), para correlacionarlo con los valores de K_c experimental, es confiable y puede tenerse plena seguridad de ser usados en otras regiones dado que todo queda en función de la temperatura promedio del lugar y no tanto así del ciclo fenológico o bien de la fisiología del cultivo.
8. En el rancho el Cristal, Galeana; Nuevo León. No se registraron las tensiones de humedad del suelo, necesarios para determinar ET del cultivo por balance volumétrico (previa calibración del tensiómetro) razón por la cual se descartó.
9. Para el caso de la localidad de El Jame en donde la papa fue regada con cinta de goteo y las tensiones de humedad en el suelo variaban de 0 a 60 centibares y que además, el riego fue mas frecuente que en aspersion; los modelos “fallaron” en predecir o cuando menos “seguir” aproximadamente la tendencia de ET del cultivo en el campo, razón por la cual, ningún modelo se adecuo y por ende, no se reportán la curva ni los valores de K_c del cultivo.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Aguilera, C.M. 1996. Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera Dpto. Irrigación, UACH. 4^{ta} ed. Chapingo, Mex.
- 2) Aldama, R.A (1998) Investigación Aplicada en los Programas de Tecnificación del Riego. Memorias; 3^{er} Simposio Internacional de Fertirrigación. FIRCO; León Guanajuato; Méx.
- 3) Allen, R.G (1986) “Penman for all seasons” J. Irrig. Drain. Div; ASCE,112(4) 348-368.
- 4) Beukema, H.P. and Van der Zaag, D.E. 1990. Introduction to potato production. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, the Netherlands.
- 5) Blaney, H.F y Criddle, W.F Determining water requiriments in irrigated áreas from climatological and irrigation data. United States Departament of Agriculture. soil Conservation Service, Tecnical paper 96, 1960 40p.
- 6) _____ Water and our crops; climate as index of irrigation needs. In water requiriments. United States Departament of Agriculture. 1955 pp. 341 – 345.
- 7) Blaney, H.F Determining consumtive use and irrigation water requiriments. United States Departament of Agriculture. soil Conservation Service, Tecnical paper 1275, 1962. 52p.
- 8) Contreras, R.F.J; (1991) Efecto de tres Métodos de microrriego en la producción de papa. Informe de investigación. CESIA. CIRNE. INIFAP.
- 9) Contreras, R.F.J;(1992 a); Efecto de tres métodos de microrriego en la producción de papa. Informe de investigación. CESIA. CIRNE. INIFAP
- 10) Contreras, R.F.J; (1992 b); Efecto de Láminas de riego en dos etapas fenológicas de papa con riego por aspersion. Informe de Investigación.CESIA. CIRNE. INIFAP.
- 11) Cortes, B.J.J (1988) Variabilidad Espacial en variables Geohidrologicas. Tesis Post – grado UAAAN. Buenavista, Saltillo; Coah.
- 12) Cuenca, R:H (1989) Irrigation System design An engineering approach Prentice Hall, Englewood. Cliffs, N.J
- 13) Criddle, W.F Empirical methods of predicting evapotranspiration using air temperature as the primary variable. In conference on evapotranspiration and its role in water resources management. Chicago American Society of Agricultural Enginners, 1966. pp54 – 56.

- 14) Doorembos, J. D.W. Pruitt, 1977. Crop Water requeriments. Irrigation and Drainage paper. No. 24 FAO. Rome, Italy.
- 15) Doorembos, J and H.E Kassan, 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Boletin de Riego y Drenaje No. 33 FAO Roma, Italy.
- 16) Elías, C.R y Gimenez, R. Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España. Madrid, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Agricultura, 1965. 293 p.
- 17) FAO, (1977) Cropp Water requirements. FAO irrigation and Drainage, paper No. 24. Rome, Italy.
- 18) Fortunato, R.Q (1975) Pasture Establishment Studies the effects of defoliation frecuency on the granith of stars grass (*Lynodin plectostachyus pilger*). Resumen de Hebage Abstrc. Vol. 45(7):225.
- 19) Fox, F.A; T.Scherer, D. Slack and L.J Clark, (1992) Arizona Irrigation Scheduling (AZSCHEd software) user manual version 1.01. the University of Arizona. 36 pp
- 20) Frevert, D.K; Hill,R.W and Braaten, B.C (1983) Estimation of FAO evapotranspiration coefficients “Irrig. And Drain. Engrg; ASCE, 109(2), 265 – 270.
- 21) García, H.G. (1985) Poder de predicción de 10 modelos empiricos propuestos para estimar la evapotranspiración. Tésis, UAAAN, Buenavista, Saltillo; Coah.
- 22) Grassi; C.J (1964) Empleo del Balance de Energía y datos de radiación para estimar la evapotranspiración de los cultivos. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (Argentina) 11(1-2): 111 – 126.
- 23) Grassi; C.J (1968). Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos, criterios y procedimientos CIDIAT Doc No. 53 Merida, Venezuela.
- 24) Hagoud, M.A. (1964) Irrigation Scheduling from evaporation reports. Institute of Agricultural Science, Washingtong, State University, circular 341.
- 25) Halkias, N.A; Veihmeyer, F.J y Hendrickson, A.H Determining water needs for crops from climatic data. Hilgardia 24 (9): 207 – 233. 1955.
- 26) Hardy, F. (1970). Edafología Tropical México, Herreros, 416 p.
- 27) Hargreaves, G.H (1981) “Responding to tropical climates – An approach”. Food and Climate Review, 1980 – 8, Aspen inst For Humanistic studies, Boulder,colo.
- 28) Hargreaves,G.L; Hargreaves,G.H and Riley, J.P (1985) “Irrigation Water Requeriments for Senegal River Basin” J. Irrig. Drain. Engrg..111(3),asce 265 – 275.

- 29) Hargreaves, G.H and Samani, Z.A (1985) "Reference Crop Evapotranspiration from temperature". Appl Egrg. in Agr..I (2), 96 – 99.
- 30) Haverkort, A.J, (1986) Manejo del agua en la producción de papa. Boletín de información Técnica No. 15. Hemisferio Sur y Centro Internacional de la papa. Montevideo, Uruguay. 22p.
- 31) Henry Olivier Riego y Clima Pp22-24,31.
- 32) Hsise, H.R. y Hagan, R.M; (1967) Predicting irrigation needs in: Irrigation of agricultural lands. Ed. R.M.Hagan.
- 33) Israelsen, O.W y Hansen, E. Principios y Aplicaciones del Riego. 2ª ed. Barcelona, Reverte,1965. 395 p.
- 34) Jensen, M.E (1973), Consumptive use of water and irrigation water requirements ASCE, Nueva York.
- 35) Jensen, M.E (1974). Consumptive use of water and irrigation water requirements. Rep. Tech. Com. of Irrigation water requirements. ASCE. Irrigation Drainage. Div. 227.
- 36) Kincaid, D.C y D.F. Heerman.(19749) Scheduling Irrigation using a programable calculator. U.S. Department of Agriculture. Agricultural research service. ARS-NC-12.
- 37) Martín, M.W and D.E Miller(1987). The effect on irrigation regimen and deep subsoling on yield and quality on tree potato cultivares. Am. Potato jornal, 64:17-25.
- 38) Miller, D.E. and M.W. Martín. (1987). Effect of declining or interrumped irrigation on yield and quality on three potato cultivars grown on sandy soil. Am. Potato. Journal 64:257 – 279.
- 39) Orson W. Israelsen y Vaughn E. Hansen. Principios y Aplicaciones del Riego. Pp224.
- 40) Penman, H.L (1948) Natural evaporation from open base soil and grass. Proceedings Royal Society of London. A. 193. Pp 120 – 146.
- 41) Pruitt, W.O Correlation of climatological data with water requirement of crops. University of California, Department of irrigation, Davis. Annual report 1959 – 1960. 90p.
- 42) Ramírez, H. E. (1988). Modelos para estimar el coeficiente de ajuste por desarrollo del cultivo (Kc) para estimar evapotranspiración máxima en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L). Tesis. UAAAN Buenavista, Saltillo; Coah – Méx

- 43) Ramos, V.C, (1999). Situación mundial del agua. Memorias. 1^{er}. Simposio Internacional de Irrigación y Nutrición Vegetal. León; Guanajuato Méx.
- 44) Rodriguez, G. H . Influencia de Cuatro Sistemas de Riego Presurizado en el consumo de agua en el Cultivo de Papa. Tesis Licenciatura U.A.A.A.N, 2000.
- 45) Samis, T.W and C.L; Mapel (1985). Evapotranspiration crop coefficients predicted using growing – Degree – Day. Transactions of the ASAE; 28:773 - 780
- 46) Snyder, R.L; Shaw, R.H and Paw, K.T (1987) “Humidity conversion program” Appl. Agric. Res; 2(3), 183 – 192.
- 47) Stanhill, G. (1986). Water use efficiency. Adv. In Agronomy. 39: 53 – 85.
- 48) Veihmeyer, F.J. Evapotranspiration. In Chow, V. T; ed. Handbook of applied hydrology. New York, Mc Graw – Hill, 1964. section 11.
- 49) Wright, J.L (1982). “ New evapotranspiration crop coefficients” J. Irrig. Drain. Div. ASCE, 108(2), 57 – 74.

APENDICE “A”

**DATOS DE EVAPOTRANSPIRACION Y CONSUMO DURANTE EL
CICLO PARA CADA UNA DE LAS LOCALIDADES**

LOCALIDAD: Campo Experimental Emiliano Zapata, Arteaga; Coahuila.

Tabla A- 1: Evapotranspiracion estimada por modelo y consumo.

FECHA May.	DIA	PENMAN Etpc (mm/dia)	H.SAMANI Etpc (mm/dia)	J.HAISE ETPc (mm / dia)	B-CRIDDLE ETPc (mm / dia)	DDS	consumo (mm/dia)
Siemb	23	6.23	6.05	9.22	7.06	1	
	24	5.62	4.82	7.03	6.55	2	
	25	6.1	5.44	8.55	7.23	3	
	26	6.38	6.27	9.69	7.64	4	
	27	5.73	5.09	7.41	7.09	5	
	28	5.87	5.42	7.97	6.94	6	
	29	6.1	5.96	8.81	7.2	7	
	30	6.41	6.24	9.71	7.73	8	
	31	6.71	6.82	10.68	7.83	9	
Jun.	1	6.96	7.21	11.34	7.14	10	
	2	6.92	6.88	11.14	7.24	11	
	3	6.69	6.82	10.48	6.8	12	
	4	6.65	6.43	10.26	6.92	13	
	5	6.48	6.32	9.8	7.17	14	
	6	6.22	4.85	8.05	6.98	15	
	7	5.87	4.93	7.45	6.31	16	
	8	5.76	4.94	7.2	6.21	17	
	9	6.14	5.66	8.58	6.25	18	
	10	6.23	5.73	8.83	6.61	19	
	11	6.24	5.55	8.72	6.76	20	
	12	6.28	5.59	8.86	6.68	21	
	13	5.87	5.05	7.41	6.46	22	
	14	5.82	4.95	7.21	6.27	23	
	15	5.78	4.62	6.78	6.43	24	
	16	5.74	4.75	6.84	6.27	25	
	17	5.51	4.36	5.8	6.12	26	
	18	5.8	4.89	6.97	6.32	27	
	19	5.8	4.62	6.73	6.25	28	
	20	6.05	4.37	6.83	6.8	29	
Emerg.	21	6.17	4.77	7.58	6.79	30	
	22	5.97	4	6.13	6.86	31	
	23	6.12	4.53	7.15	6.91	32	
	24	6.35	5.67	8.82	6.78	33	
	25	6.26	5.27	8.31	6.74	34	0.317
	26	6.32	5.31	8.45	6.81	35	0.769
	27	6.47	5.35	8.74	7.26	36	1.209
	28	6.59	5.45	9.09	7.39	37	1.638
	29	6.59	5.99	9.59	6.88	38	2.055
	30	6.27	5.44	8.47	6.82	39	2.460

Tabla A- 1 continuación...

Jul.	1	6.17	6.02	9.42	5.8	40	2.853
	2	5.95	5.24	8.49	5.81	41	3.234
	3	5.61	4.97	7.37	5.61	42	3.604
	4	5.15	3.52	4.83	5.53	43	3.962
	5	6.2	6.49	9.67	5.85	44	4.308
	6	5.45	4.8	6.87	5.49	45	4.643
	7	5.76	5.63	8.2	5.4	46	4.966
	8	5.83	5.61	8.38	5.62	47	5.278
	9	5.72	5.35	8	5.43	48	5.578
	10	5.34	4.64	6.61	5.26	49	5.866
	11	5.64	4.87	7.51	5.68	50	6.143
	12	5.76	5.66	8.25	5.45	51	6.409
	13	6.07	6.24	9.26	5.65	52	6.663
	14	6.06	6.25	9.27	5.68	53	6.906
	15	6.05	6.24	9.23	5.65	54	7.137
	16	5.6	5.27	7.7	5.18	55	7.358
	17	5.59	5.35	7.62	4.92	56	7.567
	18	5.39	4.72	6.52	4.96	57	7.764
	19	5.44	4.08	5.94	5.32	58	7.951
	20	5.43	4.98	6.79	4.89	59	8.126
	21	5.74	4.57	7.17	5.48	60	8.290
	22	5.81	4.93	7.61	5.61	61	8.443
	23	6.06	5.51	8.65	5.71	62	8.585
	24	5.95	5.92	8.63	5.29	63	8.715
	25	5.6	4.96	7.22	5.27	64	8.835
	26	5.72	5.1	7.66	5.21	65	8.944
	27	5.45	4.5	6.59	5.2	66	9.041
	28	5.7	4.78	7.4	5.46	67	9.128
	29	5.72	5.25	7.8	5.13	68	9.204
	30	5.76	5.51	7.99	4.91	69	9.268
	31	5.97	5.73	8.7	5.54	70	9.322
Agost.	1	6.01	5.67	9.01	5.54	71	9.366
	2	5.7	5.4	8.13	5.08	72	9.398
	3	5.36	5.13	7.13	4.61	73	9.419
	4	5.42	5.01	7.27	4.9	74	9.430
	5	6.05	6.31	9.28	5.17	75	9.430
	6	5.78	5.55	8.47	5.43	76	9.420
	7	5.66	5.57	8.16	5.18	77	9.398
	8	5.52	5.2	7.67	5.14	78	9.367
	9	5.84	5.71	8.68	5.19	79	9.324
	10	5.82	5.5	8.59	5.33	80	9.271
	11	5.72	5.53	8.36	5.09	81	9.207
	12	5.95	5.84	9.09	5.45	82	9.133
	13	5.82	6.01	8.87	5.6	83	9.049

Tabla A- 1 continuación...

	14	5.63	5.63	8.23	5.13	84	8.954
	15	5.79	5.95	8.74	5.2	85	8.848
	16	5.53	5.56	7.99	5.09	86	8.732
	17	5.39	5.28	7.57	4.84	87	8.606
	18	5.52	5.3	7.93	5.15	88	8.470
	19	5.56	5.55	8.13	4.95	89	8.323
	20	5.16	4.83	6.84	4.9	90	8.166
	21	5.5	5.22	7.92	5.09	91	7.998
	22	5.39	5.53	7.74	4.78	92	7.821
	23	5.29	5.08	7.38	5.01	93	7.633
	24	5.57	5.24	8.17	5.08	94	7.435
	25	5.08	4.01	6.23	5.09	95	7.227
	26	5.23	4.66	7.11	4.99	96	7.009
	27	5.34	5.08	7.59	4.93	97	6.781
	28	5.12	4.74	6.92	4.74	98	6.543
	29	4.83	4.24	5.96	4.65	99	6.294
	30	4.83	4.34	6.07	4.5	100	6.036
	31	5.06	4.83	6.88	4.7	101	5.768
Sept.	1	5.1	4.87	7.24	4.88	102	5.490
	2	5.13	4.71	7.26	5.08	103	5.202
	3	5.11	4.86	7.31	4.91	104	4.904
	4	5.08	4.79	7.24	4.95	105	4.597
	5	5.36	5.81	8.06	4.66	106	4.280
	6	4.76	4.44	6.33	4.69	107	3.952
	7	4.49	3.88	5.37	4.64	108	
	8	4.36	3.28	4.55	4.6	109	
	9	5.02	5.02	7.28	4.65	110	
Desv.	10	4.96	4.9	7.09	4.52	111	
TOTAL		638.6	585.1	877.85	638.63		

LOCALIDAD: El Jame, Arteaga; Coahuila.

Tabla A- 2 Evapotranspiracion por modelo y consumo

FECHA Jun.	DIA	PENMAN	H.SAMANI	J.HAISE	B-CRIDDLE	DDS	consumo (mm/dia)
		Etpc (mm/dia)	Etpc (mm/dia)	ETPc (mm / dia)	ETPc (mm / dia)		
Siemb	14	5.36	4.55	6.6	6.19	1	
	15	5.32	4.58	6.71	6	2	
	16	5.17	4.5	6.41	5.44	3	
	17	5.08	4.1	5.67	6.24	4	
	18	5.21	4.39	6.27	6.16	5	
	19	5.03	4.29	5.91	5.6	6	
	20	5.39	4.07	6.28	6.76	7	
	21	5.51	4.35	7.05	6.78	8	
	22	5.41	4.09	6.5	6.4	9	
	23	5.31	3.81	5.82	6.36	10	
	24	5.5	4.99	7.71	5.75	11	
	25	5.33	4.66	7.02	5.82	12	
	26	5.43	4.4	6.82	6.39	13	
	27	5.7	4.94	8.07	6.8	14	
	28	5.6	4.59	7.3	6.99	15	
	29	5.84	5.51	8.82	6.43	16	
	30	5.52	4.89	7.51	6.45	17	
Jul.	1	6.03	5.93	9.51	6.19	18	
	2	5.65	4.66	7.34	6.59	19	
Emerg.	3	5.38	4.16	6.13	6.44	20	3.045
	4	4.7	2.45	2.69	5.84	21	3.199
	5	5.85	5.97	9.2	6.34	22	3.351
	6	5.14	4.49	6.24	5.91	23	3.502
	7	5.46	5.25	7.69	5.7	24	3.652
	8	5.54	5.14	7.79	5.73	25	3.800
	9	5.36	4.93	7.48	5.26	26	3.948
	10	4.92	4.05	5.59	5.18	27	4.094
	11	5.14	4.13	6.04	5.8	28	4.239
	12	5.42	5.14	7.63	5.72	29	4.383
	13	6.15	5.35	8.49	6.21	30	4.525
	14	6.26	5.43	8.65	6.59	31	4.667
	15	5.96	5.39	8.3	6.2	32	4.807
	16	5.54	5.11	7.56	5.47	33	4.946
	17	5.26	4.96	7.04	5.38	34	5.084
	18	5.05	4.4	6.12	5.07	35	5.220
	19	5.2	3.75	5.37	5.73	36	5.356
	20	4.94	4.4	5.87	4.98	37	5.490
	21	5.34	4.23	6.57	5.92	38	5.623
	22	5.56	4.44	6.98	6.42	39	5.755
	23	5.5	4.76	7.57	6.25	40	5.885

Tabla A- 2 continuación...

	24	5.95	5.7	8.75	5.56	41	6.015
	25	5.52	4.97	7.45	5.36	42	6.143
	26	5.37	4.57	7.03	5.61	43	6.270
	27	4.99	3.96	5.67	5.41	44	6.396
	28	4.61	3.13	3.97	5.12	45	6.520
	29	5.1	4.49	6.73	6.05	46	6.644
	30	5.15	4.71	6.95	5.98	47	6.766
	31	5.44	5.01	7.64	6.64	48	6.887
Agost.	1	5.49	4.88	7.67	6.82	49	7.007
	2	6.07	4.55	7.68	6.68	50	7.125
	3	5.14	4.81	6.97	4.49	51	7.243
	4	5.01	4.63	6.56	4.95	52	7.359
	5	5.73	5.78	9.13	5.23	53	7.474
	6	5.45	5.36	8.21	5.35	54	7.588
	7	5.27	5.1	7.53	5.16	55	7.700
	8	5.15	4.7	6.99	4.86	56	7.812
	9	5.17	4.94	7.39	4.66	57	7.922
	10	5.21	4.87	7.49	5	58	8.031
	11	5.39	5.23	8.09	4.92	59	8.139
	12	5.46	5.32	8.49	5.35	60	8.245
	13	5.5	5.42	8.18	5.69	61	8.351
	14	5.39	5.23	7.84	5.6	62	8.455
	15	5.58	5.46	8.26	5.7	63	8.558
	16	5.48	5	7.63	5.73	64	8.660
	17	5.16	4.79	7.11	5.04	65	8.760
	18	5.26	5	7.66	5.24	66	8.860
	19	5.14	4.62	7.04	5.45	67	8.958
	20	5.09	3.94	5.86	5.5	68	9.055
	21	5.51	4.01	6.31	5.95	69	9.151
	22	5.49	4.97	7.7	5.45	70	9.245
	23	5.03	4.25	6.4	5.28	71	9.339
	24	5.07	4.62	7.3	5.1	72	9.431
	25	4.5	3.48	5.09	4.39	73	9.522
	26	4.76	4.18	6.15	5.06	74	9.612
	27	4.95	4.8	7.15	5.09	75	9.700
	28	4.54	3.96	5.5	4.48	76	9.788
	29	4.42	3.84	5.23	4.29	77	9.874
	30	4.51	3.98	5.59	4.57	78	9.959
	31	4.73	4.46	6.44	4.67	79	10.043
Sept.	1	5.89	4.66	6.99	4.91	80	10.126
	2	4.83	4.33	6.71	6.08	81	10.207
	3	4.73	4.32	6.52	5.7	82	10.287
	4	4.74	4.4	6.64	6.11	83	10.366
	5	4.99	5.19	7.64	5.78	84	10.444
	6	4.36	3.79	5.31	5.89	85	10.521

Tabla A- 2 continuación...

	7	4.43	3.98	5.7	6.05	86	10.596
	8	4.1	2.96	3.88	5.3	87	10.670
	9	4.58	4.36	6.32	5.82	88	10.743
	10	4.31	3.92	5.46	4.79	89	10.815
	11	4.39	3.97	5.85	4.98	90	10.886
	12	4.73	4.56	6.83	5.29	91	10.955
	13	4.14	3.59	4.69	5.29	92	11.023
	14	4.16	3.63	4.75	5.6	93	11.090
	15	4.31	4.05	5.61	5.23	94	11.156
	16	4.31	3.98	5.59	5.26	95	11.221
	17	4.23	3.96	5.44	5.19	96	11.284
	18	4.42	4.23	6.08	5.2	97	11.346
	19	4.65	4.48	6.73	5.72	98	11.407
	20	5.19	4.45	6.98	6.55	99	11.467
	21	4.67	3.81	5.66	6.85	100	11.526
	22	4.15	3.8	5.22	5.37	101	11.583
	23	4.37	4.11	5.94	5.3	102	11.639
	24	4.6	4.59	6.68	5.54	103	11.695
	25	4.74	4.26	6.61	5.99	104	11.748
	26	4.78	4.65	7.24	5.87	105	11.801
	27	4.75	4.59	7.07	5.89	106	11.852
	28	4.75	4.67	6.89	5.15	107	11.903
	29	3.44	2.18	2.38	5.02	108	11.952
	30	3.74	3.21	4.34	4.75	109	11.999
Oct.	1	3.88	3.61	4.87	2.86	110	12.046
	2	4.2	4.47	5.91	3.23	111	12.092
	3	4.04	3.76	5.29	3.28	112	12.136
	4	3.87	3.42	4.67	3.66	113	12.179
	5	4.51	5.06	6.84	3.97	114	12.221
	6	3.97	3.88	5.16	3.14	115	12.261
	7	4.19	4.12	5.79	3.14	116	12.301
	8	4.49	4.02	6.14	3.62	117	12.339
	9	4.18	4.13	5.94	3.82	118	12.376
	10	3.91	3.68	5.08	3.3	119	12.412
	11	3.75	3.58	4.67	3	120	12.446
	12	3.61	3.32	4.26	2.99	121	12.480
	13	3.66	3.38	4.42	2.97	122	12.512
	14	3.66	3.42	4.49	3.08	123	12.543
	15	3.6	3.26	4.37	3.19	124	12.573
	16	3.82	3.53	4.92	3.29	125	12.602
	17	3.65	3.24	4.45	3.21	126	12.629
	18	3.01	2.26	2.64	2.45	127	12.655
	19	3.18	2.65	3.27	2.79	128	12.680
	20	3.06	2.58	3.01	2.67	129	12.704
	21	3.31	3.17	3.8	2.28	130	12.727

Tabla A- 2 continuación...

	22	3.47	3.28	3.85	2.24	131	12.748
Desv	23	3.5	3.35	3.89	2.28	132	
TOTAL		377.16	345.13	498.46	391.85		

LOCALIDAD: Los Lirios, Arteaga; Coahuila.

Tabla A- 3: Evapotranspiracion por modelo y consumo

FECHA	DIA	PENMAN	H.SAMANI	J.HAISE	B-CRIDDLE		
Abr.		Etpc	Etpc	ETPc	ETPc	DDS	consumo
		(mm/dia)	(mm/dia)	(mm / dia)	(mm / dia)		(mm/dia)
Siemb.	21	6.1	4.89	8.08	6.89	1	
	22	6.5	5.65	9.36	6.68	2	
	23	6.34	5.63	9.4	6.76	3	
	24	5.77	4.86	8.17	6.64	4	
	25	5.23	4.29	6.66	6.2	5	
	26	5.23	4.44	6.84	6.58	6	
	27	5.63	5.25	7.96	6.41	7	
	28	5.78	5.16	8.56	7.06	8	
	29	5.87	5.48	9.01	7.22	9	
	30	5.78	4.97	8.26	7.55	10	
May.	1	5.72	4.77	8.08	7.23	11	
	2	5.78	4.92	8.11	7.46	12	
Emerg.	3	5.82	5.58	8.99	7.09	13	
	4	7.07	4.85	8.51	8.44	14	
	5	6.17	6.54	10.4	7.07	15	
	6	6.11	5.52	8.71	6.78	16	
	7	5.92	5.47	8.47	6.55	17	
	8	5.8	4.92	7.69	6.76	18	
	9	6.36	5.98	9.7	7.4	19	7.569
	10	6.1	5.47	8.57	6.76	20	7.617
	11	5.74	5.35	8.27	6.56	21	7.663
	12	6.06	5.86	9.27	6.78	22	7.708
	13	6.08	5.45	9.04	6.41	23	7.751
	14	6.23	5.74	9.58	6.86	24	7.792
	15	6.36	5.57	9.69	7.39	25	7.831
	16	6.33	5.32	9.1	6.98	26	7.868
	17	6.28	5.55	9.53	7.28	27	7.904
	18	5.68	4.98	7.73	6.98	28	7.938
	19	5.73	5.7	8.49	6.16	29	7.970
	20	6.12	5.94	9.63	6.84	30	8.000

Tabla A- 3 continuación...

	21	6.52	6.01	10.16	6.86	31	8.028
	22	5.62	4.96	7.76	6.41	32	8.055
	23	5.71	5.17	8.21	6.57	33	8.080
	24	5.14	4.4	6.35	5.54	34	8.103
	25	5.65	5.06	8.06	6.64	35	8.124
	26	6.09	5.54	9.08	7.26	36	8.143
	27	5.64	4.73	7.28	6.69	37	8.161
	28	5.62	4.86	7.53	6.32	38	8.177
	29	5.61	5.09	7.76	6.78	39	8.191
	30	5.97	5.48	8.95	7.2	40	8.203
	31	6.77	6.1	10.3	7.71	41	8.214
Jun.	1	7.02	6.39	11.13	7.59	42	8.222
	2	6.91	5.99	10.44	7.64	43	8.229
	3	6.58	6.15	10.45	7.13	44	8.234
	4	6.25	5.85	9.75	6.98	45	8.237
	5	6.01	5.83	9.58	7.06	46	8.239
	6	5.76	4.43	7.1	7.01	47	8.238
	7	5.4	4.39	6.63	6.05	48	8.236
	8	5.3	4.63	6.86	6.24	49	8.232
	9	5.62	5.04	7.98	6.16	50	8.227
	10	5.82	5.28	8.43	6.68	51	8.219
	11	6.06	5.59	9.29	6.73	52	8.210
	12	5.87	5.23	8.51	6.77	53	8.199
	13	5.35	4.58	6.67	6.04	54	8.186
	14	5.32	4.52	6.55	6.2	55	8.171
	15	5.25	4.47	6.58	6.13	56	8.154
	16	5.17	4.21	6.02	5.97	57	8.136
	17	5.1	4.19	5.9	6.32	58	8.116
	18	5.18	4.21	6.08	6.17	59	8.094
	19	5.06	4.1	5.78	5.64	60	8.070
	20	5.29	4	6.15	6.58	61	8.045
	21	5.49	4.56	7.35	6.85	62	8.018
	22	5.47	4.13	6.71	7.2	63	7.989
	23	5.24	3.79	5.61	6.22	64	7.958
	24	5.49	4.76	7.43	6.31	65	7.925
	25	5.44	4.6	7.15	6.51	66	7.891
	26	5.41	4.5	6.99	6.41	67	7.854
	27	5.66	4.75	7.8	7.22	68	7.816
	28	5.56	4.53	7.19	6.9	69	7.776
	29	5.85	5.16	8.39	6.42	70	7.735
	30	5.61	4.68	7.28	6.33	71	7.691
Jul.	1	6.19	5.63	9.35	6.61	72	7.646
	2	5.55	4.71	7.33	6.11	73	7.599
	3	5.31	4.26	6.22	6.26	74	7.550
	4	4.64	2.45	2.69	5.56	75	7.500

Tabla A- 3 continuación...

	5	5.91	5.99	9.39	6.3	76	7.447
	6	5.25	4.49	6.42	5.85	77	7.393
	7	5.47	4.92	7.33	5.76	78	7.337
	8	5.42	4.7	7.06	5.93	79	7.279
	9	5.33	4.72	7.26	5.55	80	7.220
	10	4.92	3.96	5.49	5.43	81	7.158
	11	5.08	4.11	5.91	5.78	82	7.095
	12	5.39	5.01	7.26	5.51	83	7.030
	13	5.96	5.52	8.58	5.95	84	6.963
	14	6.07	5.65	8.81	6.6	85	6.895
	15	5.78	5.16	7.9	5.99	86	6.825
	16	5.51	4.92	7.52	5.52	87	6.752
	17	5.13	4.46	6.39	5.19	88	6.679
	18	5	4.16	5.77	5.05	89	6.603
	19	5	3.74	5.28	5.31	90	6.525
	20	4.88	4.08	5.53	5	91	6.446
	21	5.1	3.95	5.77	5.74	92	6.365
	22	5.45	4.54	7.07	6.26	93	6.282
	23	5.48	4.71	7.61	6.11	94	6.197
	24	5.94	5.49	8.72	5.77	95	6.111
	25	5.54	4.74	7.3	5.54	96	6.023
	26	5.15	4.35	6.51	5.48	97	5.933
	27	4.89	3.74	5.18	5.34	98	5.841
	28	5.09	4.27	6.48	5.22	99	5.747
	29	5.17	4.45	6.81	5.16	100	5.652
	30	5.23	4.73	7.03	5.17	101	5.555
	31	5.4	4.82	7.33	5.54	102	5.456
Agost.	1	5.4	4.75	7.5	4.82	103	5.355
	2	5.38	4.9	7.57	5.08	104	5.252
	3	5.13	4.64	6.76	4.28	105	5.148
	4	5.01	4.46	6.45	4.61	106	5.042
Desvar	5	5.63	5.52	8.89	4.88	107	4.934
TOTAL		606.39	528.73	829.53	679.51		

LOCALIDAD: El Tunal, Arteaga; Coahuila.

Tabla A- 4: Evapotranspiracion por modelo y consumo

FECHA	DIA	PENMAN Etpc (mm/dia)	H.SAMANI Etpc (mm/dia)	J.HAISE ETPc (mm / dia)	B-CRIDDLE ETPc (mm / dia)	DDS	consumo (mm/dia)
Jun.							
Siemb.	17	4.95	3.99	5.34	7	1	
	18	5.07	3.82	5.31	6.67	2	
	19	5.06	4.32	6.1	6	3	
	20	5.25	3.87	5.84	7.19	4	
	21	5.38	4.2	6.66	7.3	5	
	22	5.4	4.06	6.41	7.61	6	
	23	5.17	3.6	5.29	7	7	
	24	5.38	4.69	7.13	6.7	8	
	25	5.42	4.68	7.22	6.87	9	
	26	5.39	4.46	6.91	6.94	10	
	27	5.59	4.81	7.8	7.53	11	
	28	5.47	4.51	7.08	7.38	12	
	29	5.73	5.27	8.38	6.95	13	
	30	5.47	4.76	7.37	6.81	14	
Jul.	1	6.04	5.87	9.5	7.64	15	
	2	5.59	4.58	7.13	7.39	16	
	3	5.24	4.31	6.13	7.33	17	
Emerg.	4	4.62	2.39	2.55	6.61	18	
	5	5.83	5.95	9.12	7.5	19	
	6	5.16	4.53	6.37	7.05	20	2.902
	7	5.32	5.04	7.27	6.67	21	3.167
	8	5.49	4.78	7.23	7.13	22	3.426
	9	5.27	4.68	7.03	6.67	23	3.679
	10	4.96	4.13	5.78	6.48	24	3.925
	11	5.14	4.27	6.31	6.75	25	4.164
	12	5.38	5.22	7.61	6.46	26	4.397
	13	5.8	5.24	8.11	6.97	27	4.623
	14	6.06	5.42	8.46	7.86	28	4.842
	15	5.67	5.01	7.7	7.22	29	5.055
	16	5.39	4.75	7.08	6.63	30	5.262
	17	5.1	4.66	6.57	6.1	31	5.461
	18	4.93	4.24	5.73	5.87	32	5.654
	19	5.07	3.9	5.58	6.66	33	5.841
	20	4.83	4.22	5.6	5.76	34	6.021
	21	5.08	3.99	5.81	6.75	35	6.194
	22	5.42	4.39	6.91	7.41	36	6.361
	23	5.44	4.77	7.47	7.12	37	6.521
	24	5.77	5.52	8.47	6.85	38	6.674
	25	5.36	4.73	7.01	6.48	39	6.821
	26	5.09	4.4	6.46	6.35	40	6.962

Tabla A- 4 continuación...

	27	4.78	3.69	4.95	6.31	41	7.095
	28	5.1	4.1	6.16	6.29	42	7.223
	29	5.1	4.49	6.73	6.05	43	7.343
	30	5.15	4.71	6.95	5.98	44	7.457
	31	5.44	5.01	7.64	6.64	45	7.564
Agost.	1	5.49	4.88	7.67	6.82	46	7.665
	2	5.39	5.09	7.82	7.04	47	7.759
	3	5.04	4.68	6.67	5.86	48	7.847
	4	4.98	4.62	6.61	6.2	49	7.928
	5	5.6	5.59	8.78	6.62	50	8.002
	6	5.32	5.18	7.81	6.78	51	8.070
	7	5.19	4.99	7.31	6.5	52	8.131
	8	5.09	4.69	7.02	6.46	53	8.185
	9	5.12	4.88	7.32	6.1	54	8.233
	10	5.16	4.8	7.41	6.41	55	8.275
	11	5.27	4.93	7.61	6.1	56	8.309
	12	5.35	5.02	8.01	7.02	57	8.337
	13	5.57	5.36	8.38	7.36	58	8.359
	14	5.45	5.15	8	7.19	59	8.374
	15	5.46	5.29	7.99	7.21	60	8.382
	16	5.38	4.8	7.28	7.16	61	8.384
	17	5.11	4.79	7.08	6.44	62	8.379
	18	5.15	4.93	7.44	6.73	63	8.368
	19	5	4.7	6.96	6.81	64	8.350
	20	4.91	4.18	6.13	6.65	65	8.325
	21	5.08	3.83	5.85	7.24	66	8.294
	22	5.2	4.83	7.26	6.52	67	8.256
	23	4.85	3.77	5.54	6.7	68	8.212
	24	4.94	4.42	6.9	6.53	69	8.161
	25	4.6	3.64	5.47	6.25	70	8.103
	26	4.76	4.05	6.02	6.19	71	8.039
	27	4.89	4.68	6.95	6.24	72	7.968
	28	4.55	4.03	5.71	5.78	73	7.891
	29	4.38	3.73	5.11	5.55	74	7.807
	30	4.41	3.82	5.29	5.92	75	7.716
	31	4.59	4.21	5.97	6.13	76	7.619
Sept.	1	4.75	4.44	6.59	6.13	77	7.515
	2	4.66	4.23	6.36	6.22	78	7.405
	3	4.58	4.17	6.2	5.95	79	7.288
	4	4.58	4.18	6.21	6.16	80	7.164
	5	4.83	4.95	7.2	6.04	81	7.034
	6	4.32	3.76	5.25	6.26	82	6.897
	7	4.18	3.54	4.81	5.95	83	6.754
	8	4.09	2.96	3.87	5.81	84	6.604

Tabla A- 4 continuación...

	9	4.5	4.3	6.16	5.87	85	6.447
	10	4.37	4.11	5.82	5.36	86	6.284
	11	4.49	3.97	5.99	5.75	87	6.114
	12	4.54	4.34	6.43	5.75	88	5.938
	13	4.11	3.68	4.83	5.75	89	5.755
	14	4.25	3.75	4.95	6.38	90	5.565
	15	4.22	3.95	5.41	5.55	91	5.369
	16	4.21	3.94	5.42	5.69	92	5.166
	17	4.17	3.93	5.38	5.46	93	4.957
	18	4.27	4.03	5.7	5.55	94	
	19	4.47	4.37	6.48	5.74	95	
	20	4.84	4.33	6.56	6.3	96	
Desvar	21	4.39	3.79	5.47	6.8	97	
TOTAL		489.42	432.29	640.75	633.89		

LOCALIDAD: El Cristal Galeana Nvo. León.

Tabla A- 5: Evapotranspiración por modelo y consumo

FECHA	DIA	PENMAN Etpc (mm/dia)	H.SAMANI Etpc (mm/dia)	J.HAISE ETPc (mm / día)	B-CRIDDLE ETPc (mm / día)	DDS	consumo (mm/dia)
May							
Siemb.	17	6.76	6.46	10.74	7.44	1	
	18	5.93	5.86	8.45	6.86	2	
	19	5.94	6.00	8.50	6.56	3	
	20	6.29	6.45	9.54	6.88	4	
	21	6.31	5.90	9.40	7.53	5	
	22	6.18	6.24	9.27	7.22	6	
	23	6.28	6.28	9.50	6.83	7	
	24	5.75	5.44	7.91	6.07	8	
	25	6.04	5.84	8.81	6.80	9	
	26	6.45	6.43	9.88	7.37	10	
	27	5.89	5.41	8.17	7.17	11	
	28	5.81	5.52	7.90	6.42	12	
	29	5.91	5.75	8.51	6.85	13	
	30	6.04	5.89	8.86	7.10	14	
Jun.	1	6.54	6.62	10.23	6.89	15	
	2	6.91	7.22	11.13	7.16	16	
	3	6.71	6.54	10.35	7.85	17	
	4	6.51	6.63	10.18	7.28	18	
	5	6.47	6.14	9.88	7.51	19	
	6	6.58	6.74	10.65	8.06	20	
	7	6.26	5.26	8.54	7.32	21	
	8	5.90	5.01	7.85	6.75	22	
	9	5.69	5.18	7.75	6.68	23	
	10	6.00	5.78	8.76	6.39	24	
	11	6.13	5.85	9.10	6.99	25	
	12	6.29	5.74	9.35	7.15	26	
	13	6.50	6.23	10.02	7.31	27	
	14	5.76	5.35	7.90	6.95	28	
	15	5.77	5.37	7.93	6.69	29	
	16	5.60	4.84	7.19	6.30	30	
	17	5.46	4.67	6.86	6.43	31	
	18	5.59	4.74	7.00	6.87	32	
	19	5.69	5.09	7.49	7.30	33	
	20	5.59	4.56	6.76	7.19	34	
	21	5.83	4.65	7.26	7.52	35	
	22	6.03	4.77	7.77	7.79	36	
	23	6.24	5.02	8.40	7.71	37	
	24	6.27	5.40	8.95	7.92	38	
	25	6.28	6.00	9.44	7.62	39	
	26	6.24	5.85	9.30	6.75	40	

Tabla A- 5 continuación...

	27	6.10	5.54	8.97	6.52	41	
	28	6.32	5.84	9.72	7.35	42	
	29	6.59	5.89	10.11	7.88	43	
	30	6.58	6.24	10.19	7.43	44	
	31	6.37	6.01	9.69	7.53	45	
Jul.	1	6.54	6.36	10.34	7.36	46	
	2	6.09	5.29	8.43	7.47	47	
	3	5.68	4.80	7.14	7.05	48	
	4	4.97	2.87	3.48	7.27	49	
	5	6.22	6.47	9.57	7.74	50	
	6	5.61	5.13	7.39	7.13	51	
	7	5.88	5.92	8.56	6.81	52	
	8	6.11	5.88	8.88	6.36	53	
	9	5.42	4.98	7.03	5.68	54	
	10	5.40	4.81	6.89	6.35	55	
	11	5.50	4.70	6.92	6.56	56	
	12	5.57	5.37	7.52	7.10	57	
	13	6.36	6.39	9.47	6.99	58	
	14	6.32	6.32	9.35	6.61	59	
	15	6.39	6.19	9.16	6.92	60	
	16	6.14	5.84	9.03	6.74	61	
	17	5.91	5.91	8.66	6.24	62	
	18	5.56	4.80	6.86	6.33	63	
	19	5.66	4.74	7.11	6.46	64	
	20	5.67	5.49	7.78	6.41	65	
	21	5.87	4.71	7.51	6.89	66	
	22	5.84	5.40	8.08	6.31	67	
	23	6.02	5.79	8.78	6.61	68	
	24	6.28	6.20	9.14	6.33	69	
	25	6.07	5.85	8.80	6.33	70	
	26	6.05	5.43	8.59	6.84	71	
	27	5.49	4.51	6.85	6.06	72	
	28	5.91	5.53	8.64	6.23	73	
	29	5.93	5.47	8.47	6.02	74	
	30	5.78	5.65	8.31	5.61	75	
	31	5.97	5.74	8.95	6.56	76	
Agost.	1	6.21	5.56	9.20	6.52	77	
	2	6.05	5.80	9.10	6.24	78	
	3	5.66	5.30	7.77	5.47	79	
	4	5.75	5.70	8.44	5.56	80	
	5	6.25	6.52	9.83	5.82	81	
	6	5.98	5.80	8.94	6.06	82	
	7	5.86	5.69	8.57	5.92	83	
	8	5.81	5.49	8.42	6.37	84	

Tabla A- 5 continuación...

	9	6.02	5.89	9.03	5.80	85	
	10	6.07	5.70	9.19	6.35	86	
	11	6.07	5.64	9.14	6.49	87	
	12	6.22	5.91	9.51	6.45	88	
	13	6.10	6.26	9.46	6.57	89	
	14	5.98	6.03	9.07	6.16	90	
	15	6.11	6.18	9.18	6.17	91	
	16	5.84	5.79	8.40	5.78	92	
	17	5.57	5.35	7.81	5.57	93	
	18	5.57	5.31	7.88	5.88	94	
	19	5.53	5.38	8.00	5.84	95	
	20	5.52	4.53	6.88	5.94	96	
	21	5.63	5.29	7.95	5.77	97	
	22	5.92	5.91	8.71	5.27	98	
	23	5.69	5.44	8.45	5.62	99	
	24	5.77	5.01	8.34	6.22	100	
	25	5.29	4.60	7.32	6.05	101	
	26	5.49	5.29	8.03	6.15	102	
	27	5.50	5.43	8.13	6.14	103	
	28	5.44	5.32	7.88	6.11	104	
	29	5.22	4.94	7.22	5.13	105	
	30	5.14	5.02	7.27	5.30	106	
	31	5.23	5.19	7.47	5.31	107	
Sept.	1	5.41	5.25	7.84	5.23	108	
	2	5.48	4.81	7.72	5.68	109	
	3	5.37	5.08	7.85	5.58	110	
	4	5.29	5.08	7.70	5.86	111	
	5	5.58	5.97	8.58	5.71	112	
	6	4.87	4.47	6.45	5.19	113	
	7	4.67	4.02	5.61	4.84	114	
	8	4.45	3.50	5.03	4.96	115	
	9	5.02	4.98	7.21	5.56	116	
	10	4.96	4.89	7.06	5.10	117	
	11	5.20	4.92	7.59	5.01	118	
	12	5.11	4.90	7.30	5.18	119	
	13	4.71	4.60	6.26	4.72	120	
	14	4.69	4.59	6.24	4.73	121	
	15	4.74	4.69	6.33	4.72	122	
	16	4.62	4.55	6.20	4.86	123	
	17	4.53	4.35	5.94	4.90	124	
	18	4.98	4.95	7.11	4.80	125	
	19	5.13	5.14	7.58	4.78	126	
	20	5.25	5.32	7.53	4.67	127	
	21	4.85	4.78	6.45	5.02	128	

Tabla A- 4 continuación...

	22	4.54	4.49	6.17	4.71	129	
	23	4.85	4.15	6.44	4.96	130	
	24	5.00	4.88	7.31	4.82	131	
	25	5.27	5.15	7.62	4.67	132	
	26	5.43	5.30	8.11	5.03	133	
	27	5.13	4.94	7.31	4.97	134	
	28	4.79	4.91	6.88	4.52	135	
	29	4.07	3.26	4.53	4.86	136	
	30	4.16	3.93	5.34	4.47	137	
TOTAL		785.23	739.87	1117.74	859.74		

APENDICE “B”

“DATOS DEL CLIMA DURANTE EL CICLO”

Concentración de datos del clima

Localidad : Campo Experimental Sierra de Arteaga

Estación : CESIA

Latitud : 25° 16' 00'' N

Longitud : 100° 46' 24'' S

Altitud : 2020 msnm

Mes : Junio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/dia)	P ATM (mb)	RA (mm/dia)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	19.59	30.9	5.7	71	3.86	7.54	598.46	16.69	761.33	0.31
2	20.05	30.6	8.2	71	3.89	7.44	598.46	16.7	761.8	0.31
3	18.32	29.6	5.5	71	3.83	7.4	598.45	16.72	762.23	0.31
4	18.84	29.4	8.6	71	3.78	7.3	598.45	16.73	762.64	0.31
5	19.86	27.3	8.3	71	3.78	7.24	598.46	16.74	763.01	0.31
6	19.13	26.9	15.3	71	3.74	7.24	598.47	16.76	763.36	0.31
7	16.46	25	11.1	71	3.69	7.24	598.48	16.77	763.67	0.31
8	16.04	24	9.7	71	3.69	7.27	598.49	16.78	763.96	0.31
9	16.2	26.9	8.3	71	3.68	7.27	598.49	16.79	764.22	0.31
10	17.63	26.8	9.3	71	3.68	7.3	598.5	16.8	764.44	0.31
11	18.21	26.7	10.8	71	3.68	7.34	598.5	16.81	764.64	0.31
12	17.89	27.3	10.9	71	3.7	7.34	598.51	16.81	764.81	0.31
13	16.99	23.9	9.8	69	3.7	7.37	598.52	16.82	764.94	0.31
14	16.23	23.9	9.8	68	3.73	7.4	598.54	16.83	765.05	0.31
15	16.81	23.3	11.4	68	3.76	7.44	598.55	16.83	765.12	0.31
16	16.19	23.2	10.2	68	3.76	7.5	598.57	16.84	765.17	0.31
17	15.53	20.6	9.2	64	3.8	7.57	598.6	16.84	765.18	0.31
18	16.33	23	9.3	64	3.81	7.57	598.62	16.84	765.17	0.31
19	16.04	23.4	11	64	3.81	7.6	598.64	16.85	765.12	0.31
20	18.21	24.6	14.8	64	3.8	7.6	598.67	16.85	765.04	0.31
21	18.16	25.6	13.9	64	3.77	7.6	598.7	16.85	764.94	0.31
22	18.44	23.8	15.7	64	3.73	7.64	598.73	16.85	764.8	0.31
23	18.62	24.9	14.6	64	3.72	7.67	598.75	16.85	764.63	0.31
24	18.09	26.7	10.1	64	3.67	7.67	598.78	16.85	764.43	0.31
25	17.93	26.3	11.8	64	3.63	7.67	598.81	16.84	764.2	0.31
26	18.22	26.6	12.1	64	3.53	7.67	598.83	16.84	763.93	0.31
27	19.92	26.8	13.4	64	3.48	7.77	598.86	16.84	763.64	0.31
28	20.4	27.5	13.9	64	3.47	7.84	598.89	16.83	763.32	0.31
29	18.35	28.5	10.2	64	3.44	7.94	598.92	16.83	762.96	0.31
30	18.05	26.2	10.8	64	3.47	8.04	598.95	16.82	762.58	0.31

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 3E-12x^5 + 5E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0086x + 16.803$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 9E-07x^3 - 0.0155x^2 - 0.4636x + 761.71$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : Campo Experimental Sierra de Arteaga

Estación : CESIA

Latitud : 25° 16' 00'' N

Longitud : 100° 46' 24'' S

Altitud : 2020 msnm

Mes : Julio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/dia)	P ATM (mb)	RA (mm/dia)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	18.69	27.5	9.3	88	9.53	5.13	597.82	16.81	762.16	0.31
2	18.69	26.9	13.1	88	9.45	5.16	597.84	16.8	761.71	0.31
3	17.76	23.8	10.7	88	9.4	5.23	597.85	16.79	761.23	0.31
4	17.39	21.1	14.4	88	9.38	5.26	597.87	16.78	760.72	0.31
5	18.77	26.9	5.7	88	9.33	5.33	597.89	16.77	760.18	0.31
6	17.12	22.7	10	88	9.28	5.36	597.9	16.76	759.61	0.31
7	16.73	25.1	7.2	88	9.26	5.36	597.9	16.75	759	0.31
8	17.73	25.4	8.6	88	9.25	5.36	597.91	16.74	758.37	0.31
9	16.88	25.3	9.2	88	9.24	5.36	597.92	16.72	757.71	0.31
10	16.08	22.8	10.1	88	9.25	5.4	597.92	16.71	757.01	0.31
11	17.94	24.9	12.3	88	9.28	5.46	597.92	16.69	756.28	0.31
12	16.86	25.2	7.1	88	9.3	5.56	597.92	16.68	755.53	0.31
13	17.75	26.9	5.9	88	9.35	5.56	597.92	16.66	754.74	0.31
14	17.81	26.9	5.9	88	9.4	5.66	597.92	16.64	753.92	0.31
15	17.63	26.9	5.7	88	9.48	5.8	597.91	16.62	753.07	0.31
16	16.52	24.6	8.4	88	9.56	5.96	597.91	16.6	752.19	0.3
17	15.24	24.7	6.7	84	9.65	6.13	597.91	16.58	751.28	0.3
18	15.44	22.3	8.4	77	9.73	6.16	597.91	16.56	750.34	0.3
19	17	22.6	13.1	76	9.81	6.26	597.91	16.54	749.37	0.3
20	15.04	22.6	6.7	76	9.85	6.3	597.91	16.52	748.37	0.3
21	17.7	25.2	13.7	76	9.89	6.36	597.91	16.5	747.34	0.3
22	18.28	25	12	76	9.9	6.4	597.91	16.47	746.28	0.3
23	18.74	26.6	10.7	76	9.88	6.43	597.92	16.45	745.19	0.3
24	16.81	26.2	5.7	76	9.83	6.43	597.92	16.42	744.07	0.3
25	16.73	23.9	9.4	76	9.76	6.4	597.93	16.4	742.92	0.3
26	16.39	25.4	9.7	76	9.71	6.5	597.93	16.37	741.74	0.3
27	16.24	23.5	11.1	76	9.63	6.7	597.94	16.34	740.53	0.3
28	17.38	25.3	12.2	76	9.59	6.84	597.94	16.31	739.29	0.3
29	15.82	25.8	8.4	76	9.57	6.97	597.95	16.28	738.02	0.3
30	14.75	26.4	5.9	76	9.56	7.07	597.96	16.25	736.73	0.3
31	17.604	26.8	8	76	9.58	7.07	597.96	16.22	735.4	0.3

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 3E-12x^5 + 5E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0086x + 16.803$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 9E-07x^3 - 0.0155x^2 - 0.4636x + 761.71$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : Campo Experimental Sierra de Arteaga

Estación : CESIA

Latitud : 25° 16' 00'' N

Longitud : 100° 46' 24'' S

Altitud : 2020 msnm

Mes : Agosto **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/dia)	P ATM (mb)	RA (mm/dia)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	18.51	27.8	10.2	83	8.84	6.23	600.23	16.19	734.05	0.3
2	16.36	26.4	8.3	83	8.83	6.23	600.27	16.16	732.67	0.3
3	14.17	24.4	5.7	83	8.83	6.19	600.31	16.13	731.26	0.3
4	15.53	24.7	8.2	83	8.8	6.13	600.36	16.09	729.82	0.3
5	16.84	28.2	3.9	83	8.79	6.13	600.4	16.06	728.35	0.3
6	18.03	26.4	8.7	83	8.8	6.13	600.45	16.02	726.86	0.3
7	16.86	25.8	6.7	83	8.8	6.13	600.49	15.99	725.33	0.3
8	16.65	25.2	8.3	83	8.8	6.16	600.53	15.95	723.79	0.3
9	16.89	27.6	7.4	83	8.79	6.19	600.58	15.91	722.21	0.3
10	17.58	27.6	9.5	83	8.79	6.13	600.62	15.88	720.61	0.3
11	16.48	27.2	7.6	83	8.78	6.09	600.66	15.84	718.98	0.3
12	18.11	28.2	8.2	83	8.75	6.13	600.7	15.8	717.32	0.3
13	18.81	26.3	5.8	83	8.72	6.13	600.74	15.76	715.64	0.3
14	16.62	26.3	5.8	83	8.7	6.16	600.78	15.72	713.93	0.3
15	16.97	27.3	4.8	83	8.68	6.16	600.81	15.68	712.2	0.3
16	16.43	25.7	5.3	83	8.65	6.19	600.85	15.64	710.44	0.3
17	16.35	24.9	6.3	83	8.61	6.23	600.89	15.59	708.65	0.29
18	17.82	25.6	8.3	83	8.56	6.26	600.93	15.55	706.84	0.29
19	16.88	26.2	6.1	83	8.53	6.26	600.97	15.51	705.01	0.29
20	16.61	23.3	7.7	83	8.49	6.26	601.02	15.46	703.15	0.29
21	17.56	26.2	8.9	83	8.43	6.26	601.06	15.42	701.27	0.29
22	16.1	25.2	3.9	83	8.38	6.19	601.1	15.37	699.36	0.29
23	17.27	24.5	7.6	83	8.36	6.09	601.14	15.33	697.43	0.29
24	17.64	27.3	9.6	83	8.35	5.99	601.18	15.28	695.48	0.29
25	17.71	24.6	14.2	83	8.34	5.93	601.21	15.23	693.5	0.29
26	17.25	25.3	10.8	83	8.31	5.89	601.24	15.18	691.51	0.29
27	16.95	25.9	8.3	83	8.29	5.93	601.28	15.14	689.49	0.29
28	16.03	24.7	8.4	83	8.25	5.93	601.31	15.09	687.44	0.29
29	15.56	22.7	9.2	83	8.27	5.99	601.34	15.04	685.38	0.29
30	14.82	23.1	8.2	83	8.3	5.99	601.36	14.99	683.3	0.29
31	15.74	24.4	6.8	83	8.35	6.09	601.39	14.94	681.19	0.29

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 3E-12x^5 + 5E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0086x + 16.803$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 9E-07x^3 - 0.0155x^2 - 0.4636x + 761.71$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : Campo Experimental Sierra de Arteaga

Estación : CESIA

Latitud : 25° 16' 00'' N

Longitud : 100° 46' 24'' S

Altitud : 2020 msnm

Mes : Septiembre **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/dia)	P ATM (mb)	RA (mm/dia)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	17.09	25.3	8.7	89	9.24	5.25	599.15	14.88	679.07	0.29
2	18.06	25.7	10.9	89	9.25	5.28	599.15	14.83	676.92	0.29
3	17.18	25.7	9	89	9.27	5.35	599.15	14.78	674.76	0.29
4	17.35	25.6	9.4	89	9.3	5.38	599.14	14.73	672.57	0.29
5	15.89	26.9	0.8	89	9.34	5.42	599.14	14.67	670.37	0.29
6	16.04	23.6	8.4	89	9.38	5.48	599.13	14.62	668.15	0.29
7	15.76	21.8	9.9	89	9.43	5.52	599.12	14.57	665.91	0.29
8	16.72	21.3	13.2	89	9.48	5.55	599.11	14.51	663.65	0.28
9	16.98	25.3	6.5	89	9.54	5.58	599.1	14.46	661.38	0.28
10	16.3	25.3	6.5	89	9.59	5.62	599.09	14.4	659.09	0.28
11	17.14	25.5	9.1	89	9.63	5.62	599.08	14.34	656.79	0.28
12	17.04	25.4	8.7	89	9.66	5.58	599.07	14.29	654.46	0.28
13	15.1	23.6	6.2	89	9.68	5.55	599.06	14.23	652.13	0.28
14	15.22	23.6	6.2	89	9.71	5.52	599.06	14.17	649.78	0.28
15	15	23.4	4.9	89	9.74	5.48	599.05	14.12	647.41	0.28
16	15.28	23.4	6.1	89	9.78	5.45	599.04	14.06	645.03	0.28
17	15.27	23.7	6.4	89	9.83	5.45	599.03	14	642.64	0.28
18	16	24	7.1	89	9.88	5.45	599.02	13.94	640.23	0.28
19	16.27	25.4	5.4	86	9.91	5.45	599.01	13.88	637.81	0.28
20	15.55	26.9	1.6	86	9.95	5.45	599	13.82	635.39	0.28
21	14.23	25.3	0.8	86	9.98	5.42	598.99	13.76	632.95	0.28
22	14.08	23.1	4.3	86	10.03	5.42	598.99	13.7	630.49	0.28
23	16.31	24.1	8.5	86	10.05	5.35	598.98	13.64	628.03	0.28
24	15.08	25.7	2.3	86	10.08	5.32	598.97	13.58	625.56	0.28
25	16.74	26.3	5.7	86	10.13	5.28	598.96	13.52	623.08	0.28
26	17	26.8	5.1	86	10.16	5.25	598.95	13.46	620.6	0.28
27	16.4	27.2	4.2	86	10.2	5.18	598.94	13.39	618.1	0.28
28	14.99	25.8	2.2	86	10.21	5.15	598.93	13.33	615.6	0.27
29	14.15	17.3	11.2	86	10.25	5.08	598.91	13.27	613.09	0.27
30	13.66	23.8	4.5	86	10.3	5.19	598.9	13.21	610.58	0.27

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 3E-12x^5 + 5E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0086x + 16.803$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 9E-07x^3 - 0.0155x^2 - 0.4636x + 761.71$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Jame, Arteaga; Coahuila

Estación : Ranchito.

Latitud : 25° 21' 45" N

Longitud : 100° 38' 37" S

Altitud : 2215 msnm

Mes : Junio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/dia)	P ATM (mb)	RA (mm/dia)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	18.78	28.6	6.9	61	1.34	8.81	586.68	16.62	761.51	0.31
2	19.88	28.6	8.7	49	-0.08	9.52	588.03	16.64	761.98	0.31
3	17.6	28.6	6.8	71	3.69	8.62	588.13	16.65	762.41	0.31
4	18.18	27.9	9.1	76	6.79	9.68	587.56	16.67	762.82	0.31
5	18.56	26.1	8.3	93	9.86	11.16	586.84	16.68	763.2	0.31
6	18.2	24.4	14.6	70	9.38	8.75	587.68	16.69	763.55	0.31
7	15.63	23.3	11.1	78	9.33	7.07	588.29	16.71	763.87	0.31
8	15.76	22.6	8.7	92	8.44	6.64	587.18	16.72	764.16	0.31
9	15.5	24.7	8.3	90	8.48	7.74	586.32	16.73	764.42	0.31
10	17.02	24.7	8.4	82	8.11	8.08	586.56	16.74	764.65	0.31
11	17.61	26.1	9.3	84	8.5	7.15	587.04	16.75	764.85	0.31
12	17.05	25.7	9.2	87	9.12	6.77	587.54	16.76	765.02	0.31
13	16.03	21.9	9.4	82	9.75	5.89	587.97	16.77	765.15	0.31
14	15.58	21.9	9.4	82	8.7	7.62	588.69	16.77	765.26	0.31
15	15.75	22.2	9.7	87	9.22	5.89	587.92	16.78	765.34	0.31
16	14.76	21.6	8.8	90	9.43	3.65	587.71	16.78	765.39	0.31
17	15.61	20.2	10.1	89	9.68	7.94	588.74	16.79	765.4	0.31
18	16.04	21.1	9.8	89	9.88	6.53	588.72	16.79	765.39	0.31
19	14.93	20.4	8.9	93	10.95	4.49	587.82	16.8	765.34	0.31
20	17.31	22.9	13.9	86	11.8	8.65	586.96	16.8	765.26	0.31
21	17.44	24.5	14.3	88	11.45	8.53	586.89	16.8	765.16	0.31
22	17.69	23.7	14.8	89	11.76	5.33	586.63	16.8	765.02	0.31
23	16.85	22.7	14.6	85	12.3	6.47	586.35	16.8	764.85	0.31
24	16.59	24.1	10	93	11.66	2.89	586.11	16.8	764.65	0.31
25	16.44	22.9	10.5	93	11.94	3.52	585.98	16.8	764.42	0.31
26	16.87	23.3	12.5	87	12.43	6.64	585.85	16.8	764.15	0.31
27	18.68	25	12.7	91	12.74	6.37	586.99	16.79	763.86	0.31
28	18.05	23.9	12.9	86	12.39	7.99	587.68	16.79	763.53	0.31
29	17.05	26.1	9.3	89	10.51	5.89	587.2	16.78	763.18	0.31
30	17.1	23.5	10.3	89	10.77	5.94	586.26	16.78	762.79	0.31

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 4E-12x^5 + 4E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0077x + 16.764$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4657x + 761.92$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Jame, Arteaga; Coahuila

Estación : Ranchito

Latitud : 25° 21' 45'' N

Longitud : 100° 38' 37'' S

Altitud : 2215 msnm

Mes : Julio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/dia)	P ATM (mb)	RA (mm/dia)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	17.77	26.8	8.1	88	7.44	7.11	586.02	16.77	762.37	0.31
2	17.51	23.9	12.2	81	9.59	11.16	586.55	16.76	761.92	0.31
3	17.18	21.7	12.2	82	10.55	10.56	586.64	16.76	761.44	0.31
4	15.75	17.4	13.8	88	11.18	8.25	587.36	16.75	760.93	0.31
5	16.96	26	6.1	94	10.29	10.15	588.93	16.74	760.38	0.31
6	15.6	20.6	8.4	90	8.59	9.25	589.53	16.73	759.81	0.31
7	15.78	23.3	6.8	90	7.76	6.91	589.21	16.72	759.2	0.31
8	16.53	23.8	8.6	88	9.03	5.72	588.84	16.7	758.56	0.31
9	15.27	24	8.9	94	9.83	4.32	588.6	16.69	757.9	0.31
10	15.13	20.2	9.9	94	10.99	4.01	588.72	16.68	757.2	0.31
11	15.96	21.7	11.5	89	10.3	7.44	589.12	16.66	756.47	0.31
12	15.44	23.7	7.4	91	8.02	7.84	589.8	16.65	755.71	0.31
13	17.03	25.6	9.5	58	6.89	8.72	589.79	16.63	754.91	0.31
14	17.6	25.6	9.5	53	2.15	10.96	589.61	16.61	754.09	0.31
15	16.96	24.7	8.2	64	3.38	8.78	588.64	16.6	753.24	0.31
16	15.99	23.3	7.6	79	7.25	6.7	588.58	16.58	752.35	0.3
17	14.83	22.3	6.4	88	7.74	8.41	589.21	16.56	751.44	0.3
18	14.82	20.8	8.2	88	8.88	5.62	589.73	16.54	750.49	0.3
19	16.02	21.1	12.6	77	9.6	9.08	589.6	16.52	749.52	0.3
20	14.2	19.9	6.8	89	8.23	6.06	589.06	16.5	748.51	0.3
21	16.5	23.4	12.8	83	10.18	9.83	589.97	16.47	747.47	0.3
22	17.45	23.7	12.6	77	7.56	12.61	591.26	16.45	746.41	0.3
23	17.58	24.4	11.7	87	7.22	10.51	590.8	16.43	745.31	0.3
24	16.08	26	6.1	68	3.15	7.35	588.89	16.4	744.18	0.3
25	16.23	23.5	8.5	77	6.38	5.36	587.99	16.38	743.03	0.3
26	15.62	23.9	10.7	82	8.93	8.79	588.2	16.35	741.84	0.3
27	15.4	21.2	11.1	86	10.14	7.4	589.23	16.32	740.63	0.3
28	13.95	18.7	11.8	86	10.25	7.84	590.15	16.3	739.38	0.3
29	15.17	22.9	9.7	91	10.05	4.68	586.36	16.27	738.11	0.3
30	14.27	23.2	7.8	89	7.43	5.65	584.74	16.24	736.8	0.3
31	15.83	24.1	8.2	82	8.61	7.23	583.85	16.21	735.47	0.3

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 4E-12x^5 + 4E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0077x + 16.764$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4657x + 761.92$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Jame, Arteaga; Coahuila

Estación : Ranchito

Latitud : 25° 21' 37" N

Longitud : 100° 38' 3" S

Altitud : 2215 msnm

Mes : Agosto **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/dia)	P ATM (mb)	RA (mm/dia)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	16.82	24.4	10.1	82	9.56	6.66	584.94	16.18	734.11	0.3
2	20.97	25.1	15.1	65	7.49	10.67	589.08	16.15	732.72	0.3
3	14.03	23.3	6.7	88	8.21	4.64	589.71	16.12	731.3	0.3
4	14.95	21.8	7.2	90	8.86	7.04	588.68	16.08	729.85	0.3
5	15.76	27.8	6	95	8.12	8.01	587.79	16.05	728.38	0.3
6	16.96	24.9	7.4	92	8.13	6.68	587.78	16.02	726.87	0.3
7	16.03	23.6	6.8	89	7.95	6.78	588.25	15.98	725.34	0.3
8	15.88	23.1	8.6	88	10.27	4.39	588.52	15.94	723.79	0.3
9	14.86	24.3	7.2	93	10.01	4.56	587.78	15.91	722.2	0.3
10	16.5	24.3	9.2	93	9.99	4.46	587.46	15.87	720.59	0.3
11	15.66	25.8	7.4	91	9.15	5.33	588.06	15.83	718.95	0.3
12	17.12	26.3	8.7	95	9.4	6.34	588.56	15.79	717.28	0.3
13	17.96	24.2	6.7	82	6.67	7.71	588.28	15.76	715.59	0.3
14	16.77	24.2	6.7	82	5.3	9.52	588.51	15.72	713.87	0.3
15	16.94	25	6	74	2.55	10.08	588.75	15.67	712.13	0.3
16	17.18	24.1	8.3	71	5.27	9.83	589.68	15.63	710.36	0.3
17	16.12	23.3	7.8	83	6.46	7.84	589.54	15.59	708.56	0.29
18	16.81	24.5	8.2	87	7.53	8.31	588.36	15.55	706.74	0.29
19	17.1	23.4	9.6	85	7.06	9.89	588.12	15.51	704.9	0.29
20	16.57	22.1	11.7	72	7.14	11.86	588.62	15.46	703.03	0.29
21	18.29	23.4	13.6	60	4.67	12.63	588	15.42	701.14	0.29
22	17.54	24.6	8.8	69	5.4	8.88	586.63	15.37	699.22	0.29
23	17.17	22.6	10.7	81	8.41	8.01	585.88	15.33	697.28	0.29
24	16.73	24.9	10.4	91	10.34	7.11	585.34	15.28	695.31	0.29
25	16.1	21.6	13	94	12	2.11	586.58	15.23	693.32	0.29
26	16.35	22.1	9.8	90	10.55	7.51	587.55	15.19	691.31	0.29
27	16.04	23.8	7.2	93	8.7	8.58	587.96	15.14	689.28	0.29
28	15.15	20.6	8.6	90	9.52	4.48	588.09	15.09	687.23	0.29
29	14.21	20.3	8.3	91	9.23	4.45	588.25	15.04	685.15	0.29
30	14.86	21.1	8.6	91	9.28	5.79	588.18	14.99	683.05	0.29
31	15.05	22.7	7.1	90	8.2917	6.3729	587.33	14.94	680.94	0.29

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 4E-12x^5 + 4E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0077x + 16.764$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4657x + 761.92$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El jame, Arteaga; coahuila

Estación : Ranchito

Latitud : 25° 21' 45'' N

Longitud : 100° 38' 37'' S

Altitud : 2215 msnm

Mes : Septiembre **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/dia)	P ATM (mb)	RA (mm/dia)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	16.08	23.9	7.8	11.8	4.99	0	15.5	14.89	678.8	0.29
2	16.61	24	10.4	90	10.48	5.9	586.55	14.84	676.64	0.29
3	15.59	23.6	9.1	91	10.49	5.03	586.1	14.78	674.46	0.29
4	16.16	23.6	9	92	10.02	6.93	586.03	14.73	672.26	0.29
5	15.81	25	4.1	95	9.99	5.22	586.53	14.68	670.05	0.29
6	15.19	20.8	9.1	92	10.14	7.08	586.39	14.62	667.81	0.29
7	15.15	21.7	8.7	92	10.15	8.41	585.33	14.57	665.56	0.29
8	15.44	19.1	12	90	12.19	4.45	585.22	14.51	663.29	0.28
9	15.91	22.5	7.4	92	10.04	7.36	586.96	14.46	661	0.28
10	13.96	21.3	7.4	92	9.54	3.29	587.24	14.4	658.7	0.28
11	15.15	22.7	9.4	95	10.74	2.84	586.49	14.35	656.38	0.28
12	15.49	24.3	6.9	90	8.96	4.28	586.95	14.29	654.04	0.28
13	13.76	19.2	7.1	85	6.92	7.34	588.45	14.23	651.69	0.28
14	14.19	19.2	7.1	85	6.79	9.06	587.65	14.17	649.32	0.28
15	14.02	21.5	6.1	90	7.29	6.33	586.88	14.11	646.94	0.28
16	14.11	21.8	6.9	89	7.98	6.4	587.74	14.06	644.55	0.28
17	13.96	21.2	6.2	90	8.56	6.1	588.14	14	642.14	0.28
18	14.45	23	6.3	90	8.07	5.4	587.09	13.94	639.72	0.28
19	15.45	24.6	6.8	88	3.82	7.51	586.56	13.88	637.28	0.28
20	17.34	25	9.1	54	-1.03	10.42	587.51	13.82	634.84	0.28
21	17.22	22.2	10.4	67	1.68	13.51	588.85	13.76	632.38	0.28
22	14.55	20.8	6.9	87	7.27	6.43	588.83	13.69	629.91	0.28
23	15	22.8	6.8	86	5.6	5.16	587.28	13.63	627.44	0.28
24	14.59	24.7	4.1	87	3.79	7.67	586.17	13.57	624.95	0.28
25	17.01	24.6	9.1	74	6.01	6.67	585.65	13.51	622.45	0.28
26	16.61	26.1	7	85	5.85	6.51	584.95	13.44	619.95	0.28
27	16.25	25.8	6.6	82	4.34	7.28	585.29	13.38	617.44	0.28
28	14.78	25.6	3.7	76	3.1	6.46	586.63	13.32	614.92	0.27
29	14.23	16.1	11.1	88	9.98	6.4	589.19	13.25	612.39	0.27
30	13.55	20.1	8.7	92	8.24	5.53	588.48	13.19	609.86	0.27

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 4E-12x^5 + 4E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0077x + 16.764$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4657x + 761.92$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Jame, Arteaga; Coahuila

Estación : Ranchito.

Latitud : 25° 21' 45'' N

Longitud : 100° 38' 37'' S

Altitud : 2215 msnm

Mes : Octubre **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/dia)	P ATM (mb)	RA (mm/dia)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	12.36	21.2	5.5	91	7.66	3.14	782.34	13.13	607.32	0.27
2	13.71	22.3	0	90	8.29	4.89	782.05	13.06	604.78	0.27
3	13.81	22.2	6.4	87	8.23	5.3	783.66	13	602.23	0.27
4	14.58	20.4	7.8	85	7.59	8.59	784.66	12.93	599.68	0.27
5	14.71	24.8	-2.9	92	5.96	13.03	785.46	12.86	597.13	0.27
6	12.48	21.7	2.8	85	1.02	6.53	783.45	12.8	594.58	0.27
7	12.95	24	3.1	87	2.96	5.33	780.79	12.73	592.02	0.27
8	15.73	24.8	7.9	70	4.9	5.4	780.42	12.67	589.46	0.27
9	15.83	23.1	5.1	85	6.61	7.57	783.23	12.6	586.91	0.27
10	13.29	22	5.1	85	4.72	6.64	784.75	12.53	584.35	0.27
11	11.83	20.9	3.2	85	4.18	6.1	785.48	12.47	581.8	0.27
12	11.98	19.7	4.4	84	5.34	5.59	785	12.4	579.24	0.27
13	12.17	20.4	4.6	84	3.94	4.89	784.36	12.33	576.69	0.27
14	12.66	20.4	4.6	84	6.18	5.28	783.75	12.27	574.15	0.27
15	13.18	20.4	6.3	86	6.52	5.49	782.09	12.2	571.6	0.27
16	14.19	21.8	6.2	82	5.35	4.62	781.95	12.13	569.07	0.27
17	13.63	21	7.2	83	8.14	4.73	781.64	12.06	566.54	0.27
18	12.49	16.9	9.6	92	9.62	0.1	781.89	12	564.01	0.26
19	11.37	18.1	7.1	88	7.13	6.95	784.56	11.93	561.5	0.26
20	9.89	17.1	5.4	88	3.98	9.16	787.13	11.86	558.99	0.26
21	9.05	19.5	0.6	92	0.56	5.12	786.41	11.79	556.49	0.26
22	8.58	19.6	-1.7	74	-5.25	5.73	785.48	11.72	554	0.26
23	8.49	19.7	-2.9	71	-5.45	6.64	786.23	11.66	551.52	0.26
24	7.83	19.4	-2.4	81	-3.37	4.42	787.12	11.59	549.06	0.26
25	7.81	19.7	-1.9	87	-2.01	4.66	787.01	11.52	546.6	0.26
26	8.97	20.9	-0.7	80	-1.2	5.13	785.73	11.45	544.16	0.26
27	9.71	21.3	0.3	87	-0.1	5.4	784.56	11.38	541.73	0.26
28	9.64	19.8	0	85	0.95	5.8	784.43	11.32	539.32	0.26
29	10.66	21.4	1.8	93	1.94	5.87	783.34	11.25	536.93	0.26
30	10.45	20.3	2.8	84	2.22	6.53	784.19	11.18	534.55	0.26
31	7.83	16.3	-0.5	89	-2.47	7.2	786.16	11.11	532.19	0.26

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 4E-12x^5 + 4E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0077x + 16.764$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4657x + 761.92$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : San Francisco, Arteaga; Coahuila

Estación : San Francisco

Latitud : 25° 23' 20'' N

Longitud : 100° 36' 40' S

Altitud : 2246 msnm

Mes : Abril **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/ida)	P ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	16.19	23.3	7.7	38	-5.9	0	582.94	14.51	683.75	0.28
2	16.4	21.3	8.6	32	-6.96	0	582.87	14.57	685.69	0.28
3	17.62	20.8	15.1	27	-7.6	0	581.75	14.62	687.62	0.28
4	18.11	22.6	9.1	25	-7.19	0	582.46	14.67	689.52	0.29
5	18.12	29.4	2.4	82	-3.53	0	584.06	14.72	691.41	0.29
6	17.72	26.8	9.6	70	5.49	5.8	586.91	14.78	693.28	0.29
7	19.79	28.3	11	67	2.73	11.18	587.74	14.83	695.13	0.29
8	21.17	28.8	12.2	35	-1.04	10.63	586.75	14.88	696.96	0.29
9	20.69	29.4	12.2	58	-0.61	9.79	584.36	14.93	698.77	0.29
10	20.39	29.4	12.2	55	0.04	10.72	583.71	14.98	700.56	0.29
11	18.7	27.9	11.2	76	6.31	8.81	585.96	15.03	702.33	0.29
12	18.16	27.1	10.1	82	5.76	11.68	587.45	15.08	704.08	0.29
13	16.73	22.9	10.3	73	5.76	14.11	585.03	15.13	705.81	0.29
14	16.39	22.9	10.3	73	-3.05	12.46	582.75	15.17	707.52	0.29
15	14.85	22.1	9.6	57	-0.6	9.99	583.64	15.22	709.21	0.29
16	12.38	19.1	6.1	68	1.64	14.08	584.4	15.27	710.88	0.29
17	9.93	17.7	2.4	68	-0.53	9.65	587.36	15.32	712.53	0.29
18	12.82	20.8	6.3	80	0.97	9.18	589.27	15.36	714.16	0.29
19	13.56	23.6	4.6	64	-1.26	9.91	588.84	15.41	715.77	0.29
20	15.38	24.3	6.4	52	-1.65	8.94	586.04	15.45	717.35	0.29
21	18.36	25.8	11.4	45	-2.5	11.6	583.01	15.5	718.91	0.29
22	18.58	27.6	8.7	32	-9.74	9.28	582.64	15.54	720.45	0.29
23	18.61	27.8	9.2	48	-4.64	9.92	584.65	15.58	721.97	0.29
24	18.07	26.4	12.2	71	4.93	10.05	585.76	15.62	723.46	0.29
25	16.58	23.4	11.4	78	7.93	7.06	584.03	15.67	724.93	0.3
26	16.79	23.3	10.7	81	-0.16	9.75	582.79	15.71	726.38	0.3
27	15.65	24.9	6.1	65	-0.96	10.81	584.06	15.75	727.81	0.3
28	18.05	26.5	10.8	76	6.11	11.03	583.07	15.79	729.21	0.3
29	18.41	26.7	9.4	77	6.18	11.63	582.26	15.83	730.59	0.3
30	18.37	25.9	11.7	74	7.38	14.75	582.78	15.87	731.94	0.3

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 8E-13x^5 + 5E-09x^4 + 2E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0095x + 16.827$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4663x + 761.98$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : San Francisco, Arteaga; Coahuila

Estación : San Francisco

Latitud : 25° 23' 20" N

Longitud : 100° 36' 40" S

Altitud : 2246 msnm

Mes : Mayo **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/ida)	P ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	18.26	26.2	13.1	77	6.21	11.47	582.53	15.9	733.27	0.3
2	18.34	25.5	11.7	72	5.56	13.39	583.05	15.94	734.58	0.3
3	17.87	26.4	8.3	81	-2.5	11.18	582.84	15.98	735.86	0.3
4	20.5	26.7	14.9	19	-10.79	17.02	581.37	16.01	737.12	0.3
5	18.14	28.5	4.2	86	-9.99	10.39	582.36	16.05	738.35	0.3
6	16.69	26.1	7.4	51	-6.85	11.19	583.89	16.08	739.56	0.3
7	16.5	25.4	6.9	60	-0.13	9.58	584.51	16.12	740.74	0.3
8	17.33	24.1	9.9	62	1.51	9.58	584.91	16.15	741.9	0.3
9	18.95	26.9	7.8	56	0.72	11.36	584.13	16.18	743.03	0.3
10	17.24	25.3	7.8	51	-7.19	9.78	583.38	16.22	744.14	0.3
11	16.8	24.8	7.7	74	-1.91	9.01	583.13	16.25	745.21	0.3
12	16.92	26.8	6.5	70	1.07	10.65	584.09	16.28	746.27	0.3
13	16.47	27.6	9.6	70	4.74	8.57	585.05	16.31	747.3	0.3
14	18.19	27.6	9.6	70	3.86	8.59	584.82	16.34	748.3	0.3
15	19.82	27.8	12.3	69	5.29	9.49	584.64	16.37	749.27	0.3
16	18.77	27.1	12.2	61	6.42	8.38	584.72	16.39	750.22	0.3
17	18.15	28.1	11.4	70	6.57	12.2	585.39	16.42	751.14	0.3
18	15.95	24.4	9.2	72	4.8	15.11	586.91	16.45	752.03	0.3
19	14.95	25.3	4.2	79	3.21	9.68	586.31	16.47	752.89	0.3
20	17.36	27.4	7.6	78	1.69	10.18	585.3	16.5	753.73	0.3
21	18.39	28.5	9.4	63	1.48	8.24	585.34	16.52	754.54	0.3
22	15.85	24.6	9.6	79	7.3	9.85	586.49	16.54	755.32	0.3
23	16.54	25.2	9.6	82	7.81	9.71	586.88	16.57	756.08	0.3
24	14.44	21.8	9	86	9.23	5.72	587.2	16.59	756.81	0.3
25	17.57	24.6	10.6	86	8.21	8.13	586.19	16.61	757.5	0.3
26	18.18	26.2	10	74	5.66	9.37	585.93	16.63	758.17	0.31
27	16.36	23.4	10.3	73	6.16	8.64	586.44	16.65	758.81	0.31
28	15.28	24.3	9.6	76	4.36	7.99	586.73	16.67	759.43	0.31
29	15.9	23.9	8.4	80	6.98	10.42	586.2	16.69	760.01	0.31
30	18.05	26	10.2	81	5.73	9.18	586.56	16.7	760.57	0.31
31	19.39	27.9	9.7	50	2.05	10.29	585.74	16.72	761.09	0.31

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 8E-13x^5 + 5E-09x^4 + 2E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0095x + 16.827$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4663x + 761.98$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : San Francisco, Arteaga; Coahuila

Estación : San Francisco

Latitud : 25° 23' 20'' N

Longitud : 100° 36' 40' S

Altitud : 2246 msnm

Mes : Junio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/ida)	P ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	19.86	29.6	10.2	51	0.4	10.42	584.81	16.74	761.59	0.31
2	19.92	28.5	11.5	49	0.76	10.75	586.13	16.75	762.05	0.31
3	17.96	29.1	9.2	68	4.02	10.78	586.36	16.76	762.49	0.31
4	17.54	27.8	9.4	77	7.56	10.46	585.7	16.78	762.9	0.31
5	18.15	26.9	9.3	91	10.61	9.78	584.93	16.79	763.28	0.31
6	18.06	23.8	13.6	75	10.02	9.55	585.78	16.8	763.63	0.31
7	15.51	22.7	11.1	81	9.5	7.1	586.47	16.81	763.95	0.31
8	15.76	22.3	9.6	90	9.27	8.1	585.38	16.82	764.23	0.31
9	15.62	25.1	9.9	87	9.58	7.76	584.52	16.83	764.49	0.31
10	17.18	25.1	9.9	83	8.83	8.71	584.69	16.84	764.72	0.31
11	17.7	26.9	10.4	83	8.58	8.07	585.12	16.85	764.92	0.31
12	17.03	25.7	10.7	82	9.88	9.75	585.62	16.86	765.09	0.31
13	15.74	21.7	9.3	84	10.4	6.56	586.06	16.86	765.23	0.31
14	15.26	21.7	9.3	83	9.35	8.85	586.8	16.87	765.33	0.31
15	15.21	22.1	9.9	89	10.11	8.35	586.09	16.87	765.41	0.31
16	15.06	21.1	10.2	86	10.22	7.33	585.85	16.88	765.46	0.31
17	15.18	20.6	9.9	89	10.07	10.09	586.86	16.88	765.47	0.31
18	15.81	21.2	10.8	89	10.68	7.4	586.85	16.88	765.46	0.31
19	14.92	20.7	10.3	90	11.4	5.09	586	16.88	765.41	0.31
20	17.15	22.6	13.9	90	12.43	7.94	584.99	16.88	765.33	0.31
21	17.26	24.3	13.1	91	11.93	9.96	584.84	16.88	765.22	0.31
22	17.68	24.1	15.1	88	12.24	12.07	584.53	16.88	765.08	0.31
23	16.69	21.7	13.7	86	12.75	6.16	584.36	16.88	764.91	0.31
24	16.45	23.8	11	89	11.76	7.26	584.18	16.88	764.71	0.31
25	16.67	23.4	11.6	89	12.19	7.93	583.99	16.87	764.48	0.31
26	16.58	23.3	11.9	89	12.33	7.39	583.84	16.87	764.22	0.31
27	18.17	24.8	13.2	89	12.79	10.55	584.88	16.86	763.92	0.31
28	17.79	23.6	12.8	86	12.68	8.78	585.64	16.86	763.6	0.31
29	17.16	25.5	11	81	10.73	6.35	585.21	16.85	763.24	0.31
30	17.24	23.3	11.4	81	11.13	5.58	584.24	16.84	762.85	0.31

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 8E-13x^5 + 5E-09x^4 + 2E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0095x + 16.827$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4663x + 761.98$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : San Francisco, Arteaga; Coahuila

Estación : San Francisco.

Latitud : 25° 23' 20" N

Longitud : 100° 36' 40" S

Altitud : 2246 msnm

Mes : Julio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/ida)	P ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	18.23	26.7	10.4	75	7.66	10.27	584.01	16.84	762.43	0.31
2	16.51	23.6	11	83	10	9.51	584.58	16.83	761.98	0.31
3	16.33	21.4	11	83	10.96	11.39	584.72	16.82	761.5	0.31
4	15.63	17.3	13.7	91	11.73	6.49	585.36	16.81	760.99	0.31
5	17.6	25.9	6.7	92	10.44	8.81	586.78	16.79	760.44	0.31
6	15.78	21.1	9.1	85	9	8.71	587.52	16.78	759.87	0.31
7	15.71	22.9	8.4	83	8.76	8.04	587.27	16.77	759.26	0.31
8	16.42	22.6	9.9	85	9.92	8.01	586.86	16.76	758.62	0.31
9	15.54	23.7	10.2	92	10.1	6.53	586.67	16.74	757.95	0.31
10	14.79	20.2	10.2	92	11.19	7.03	586.79	16.73	757.25	0.31
11	15.39	21.1	10.7	89	10.73	8.91	587.13	16.71	756.52	0.31
12	14.95	22.6	6.7	83	8.08	7.39	587.84	16.69	755.76	0.31
13	16.64	25.1	7.6	68	7.57	7.71	587.73	16.67	754.97	0.31
14	17.47	25.1	7.6	64	3.59	11.96	587.52	16.66	754.14	0.31
15	16.57	23.9	8.5	69	5.36	8.24	586.7	16.64	753.29	0.31
16	15.91	23.7	9.1	82	8.35	7.8	586.73	16.62	752.4	0.3
17	14.1	21.8	8.4	85	8.58	8.67	587.48	16.6	751.49	0.3
18	14.85	20.3	9.1	87	9.65	5.72	587.85	16.57	750.54	0.3
19	15.47	20.6	11.9	85	10.59	6.8	587.71	16.55	749.57	0.3
20	13.85	19.9	8.4	87	9.43	7.33	587.3	16.53	748.56	0.3
21	15.97	21.4	11.9	85	10.98	9.75	588	16.5	747.52	0.3
22	17.03	23.4	11.6	82	8.81	12.58	589.21	16.48	746.46	0.3
23	17.44	24.6	12.1	88	9.05	9.96	588.85	16.45	745.36	0.3
24	16.74	25.9	8.2	70	4.73	8.27	587.13	16.43	744.23	0.3
25	16.55	23.5	10.1	75	7.08	6.63	586.24	16.4	743.07	0.3
26	15.16	22.6	10.3	86	9.53	9.12	586.49	16.37	741.89	0.3
27	15.35	20.1	11.1	86	10.89	7.3	587.42	16.34	740.67	0.3
28	15.44	22.9	11.2	90	11.19	6.09	588.21	16.32	739.42	0.3
29	15.56	23.3	10.6	89	10.5	5.34	587.74	16.29	738.15	0.3
30	14.63	23.3	8.1	85	7.94	7.29	586.18	16.25	736.84	0.3
31	15.98	23.6	9	80	9.31	7.8	585.2	16.22	735.51	0.3

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 8E-13x^5 + 5E-09x^4 + 2E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0095x + 16.827$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4663x + 761.98$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : San Francisco, Arteaga; Coahuila.

Estación : San Francisco.

Latitud : 25° 23' 20" N

Longitud : 100° 36' 40" S

Altitud : 2246 msnm

Mes : Agosto **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/ida)	P ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	16.65	24.4	10.7	85	9.72	6.59	586.28	16.19	734.15	0.3
2	16.11	24.2	9.1	85	8.09	10.81	587.77	16.16	732.76	0.3
3	14.58	22.6	7.7	84	8.74	5.38	588	16.13	731.34	0.3
4	14.91	21.9	8.3	88	9.53	8.26	586.96	16.09	729.89	0.3
5	15.78	27.4	7.6	94	8.23	9.27	586.07	16.06	728.42	0.3
6	16.7	24.8	8.3	82	8.37	9.48	586.02	16.02	726.91	0.3
7	15.81	23.9	7.9	81	8.55	9.07	586.51	15.98	725.38	0.3
8	16.07	22.9	9.7	88	10.95	7.03	586.71	15.95	723.82	0.3
9	14.97	25.3	8.6	89	10.07	8.64	586.06	15.91	722.24	0.3
10	16.52	25.3	10.1	89	10.8	7.29	585.64	15.87	720.62	0.3
11	15.86	25.2	9.2	83	9.2	5.95	586.28	15.83	718.98	0.3
12	17.34	25.7	10.1	89	10.33	8.64	586.7	15.79	717.32	0.3
13	17.97	24.9	8.8	72	7.76	9.56	586.41	15.75	715.63	0.3
14	16.49	24.9	8.8	72	6.4	11.01	586.74	15.71	713.91	0.3
15	16.71	24.8	7.6	67	3.3	12.56	587.09	15.67	712.16	0.3
16	16.99	24	9.3	71	6.52	11.72	587.96	15.63	710.39	0.3
17	15.73	23.7	7.6	81	6.85	10.31	587.84	15.59	708.6	0.29
18	16.47	24.3	8.5	87	8.6	11.39	586.66	15.54	706.77	0.29
19	16.33	23.2	8.7	90	7.65	10.85	586.49	15.5	704.93	0.29
20	16.67	21.8	10.9	78	8.29	11.19	587.01	15.45	703.06	0.29
21	17.8	22.8	13.3	74	5.69	13.24	586.36	15.41	701.17	0.29
22	17.46	24.1	9.4	74	6.43	8.92	585.02	15.36	699.25	0.29
23	17.11	23.3	11.7	80	9.18	8.63	584.28	15.32	697.31	0.29
24	16.67	25.1	10.8	91	10.71	9.25	583.61	15.27	695.34	0.29
25	16.16	21.2	13.1	94	12.53	7.07	584.87	15.22	693.35	0.29
26	16.48	21.6	10.8	89	10.7	8.28	585.76	15.17	691.34	0.29
27	16.11	24.1	8.7	86	9.4	9.07	586.28	15.13	689.31	0.29
28	15.57	21.7	9.7	88	10.13	7.26	586.39	15.08	687.25	0.29
29	14.27	19.4	9.7	87	9.77	6.94	586.65	15.03	685.18	0.29
30	14.97	20.8	9.4	91	9.74	8.34	586.52	14.98	683.08	0.29
31	15.11	22.8	8.1	88	8.69	9.3	585.68	14.93	680.96	0.29

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 8E-13x^5 + 5E-09x^4 + 2E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0095x + 16.827$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4663x + 761.98$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Tunal, Arteaga; Coahuila.

Estación : Tunal

Latitud : 25° 25' 11'' N

Longitud : 100° 37' 40'' S

Altitud : 2245 msnm

Mes : Junio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/ida)	P ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	18.75	28.7	7.3	58	0.08	8.03	583.46	16.69	761.67	0.31
2	19.34	28.2	9.6	51	-0.67	9.71	584.73	16.70	762.13	0.31
3	17.15	27.8	6.8	72	4.31	7.84	584.84	16.72	762.57	0.31
4	17.43	26.8	9.8	77	7.35	8.78	584.24	16.73	762.98	0.31
5	18.02	26.1	8.2	92	10.07	8.83	583.64	16.75	763.35	0.31
6	17.88	23.6	13.6	70	9.33	8.54	584.50	16.76	763.70	0.31
7	15.53	22.6	11.5	80	9.13	5.38	585.06	16.77	764.02	0.31
8	15.37	22.3	8.7	90	8.86	7.60	584.02	16.78	764.31	0.31
9	15.44	25.2	8.3	92	8.38	6.56	583.18	16.79	764.57	0.31
10	17.17	25.2	9.4	79	7.63	7.87	583.38	16.80	764.80	0.31
11	17.48	26.1	8.9	81	8.16	6.62	583.85	16.81	764.99	0.31
12	16.96	25.7	10.1	87	9.59	7.67	584.30	16.82	765.16	0.31
13	15.19	20.8	8.2	85	9.69	6.39	584.78	16.83	765.30	0.31
14	14.59	20.8	8.2	85	8.89	7.62	585.53	16.83	765.40	0.31
15	15.19	21.8	9.4	91	9.69	7.24	584.74	16.84	765.48	0.31
16	14.44	20.2	9	91	9.84	5.21	584.54	16.84	765.53	0.31
17	14.73	19.3	9.3	90	9.79	9.89	585.60	16.85	765.54	0.31
18	15.42	20.2	11.4	86	10.51	6.26	585.58	16.85	765.52	0.31
19	14.49	21	9.1	92	10.87	3.81	584.64	16.85	765.48	0.31
20	16.82	22.2	13.9	88	11.94	7.13	583.73	16.85	765.40	0.31
21	16.78	23.7	13.9	89	11.67	7.87	583.59	16.85	765.29	0.31
22	17.28	23.4	14.5	87	11.60	8.96	583.30	16.85	765.15	0.31
23	16.56	21.6	14.3	87	12.15	6.46	583.07	16.85	764.98	0.31
24	15.92	23.1	10.2	90	11.32	5.66	582.91	16.85	764.78	0.31
25	16.52	23.3	10.9	90	11.80	5.72	582.74	16.85	764.54	0.31
26	16.59	23.2	12	89	12.33	6.02	582.59	16.85	764.28	0.31
27	17.78	24.6	12.4	91	12.29	7.60	583.76	16.84	763.98	0.31
28	17.79	23.3	12.6	90	12.31	6.69	584.41	16.84	763.66	0.31
29	16.75	25.2	9.7	87	10.60	5.72	583.92	16.83	763.30	0.31
30	16.69	23.5	10.8	89	10.94	5.08	583.01	16.83	762.91	0.31

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 2E-12x^5 + 5E-09x^4 + 2E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0085x + 16.81$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4669x + 762.04$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Tunal, Arteaga; Coahuila.

Estación : Tunal.

Latitud : 25° 25' 11'' N

Longitud : 100° 37' 40'' S

Altitud : 2245 msnm

Mes : Julio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/ida)	P ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	17.78	26.6	8.4	86	6.74	8.17	582.79	16.82	762.49	0.31
2	16.84	23.4	11.7	79	9.44	8.30	583.25	16.81	762.04	0.31
3	15.97	20.8	9.9	84	10.22	9.71	583.51	16.80	761.56	0.31
4	15.34	16.9	13.4	90	11.17	6.08	584.10	16.79	761.04	0.31
5	17.32	25.2	5.9	92	9.45	8.07	585.53	16.78	760.50	0.31
6	15.40	20.8	8.3	89	8.36	8.81	586.19	16.77	759.92	0.31
7	15.17	22.4	6.7	91	8.28	6.66	585.94	16.76	759.32	0.31
8	16.51	22.9	9.8	83	8.92	7.27	585.56	16.74	758.68	0.31
9	15.29	23	9.5	92	9.63	6.50	585.34	16.73	758.01	0.31
10	14.61	20.6	9.6	92	10.44	6.49	585.48	16.72	757.31	0.31
11	15.25	22.1	10.8	90	10.16	7.06	585.86	16.70	756.58	0.31
12	14.80	23.3	5.9	91	7.45	5.95	586.44	16.69	755.81	0.31
13	16.24	24.6	8.5	72	7.11	6.70	586.39	16.67	755.02	0.31
14	17.48	24.6	8.5	60	2.22	10.22	586.15	16.65	754.20	0.31
15	16.51	23.8	9.2	75	4.25	7.76	585.31	16.63	753.34	0.31
16	15.64	22.8	9	82	7.33	7.47	585.32	16.61	752.46	0.3
17	13.62	21.8	6.7	89	7.98	7.60	586.02	16.59	751.54	0.3
18	14.43	19.8	7.9	89	9.05	4.74	586.47	16.57	750.59	0.3
19	15.60	20.9	11.5	84	9.69	7.80	586.34	16.55	749.62	0.3
20	13.35	19.6	6.9	90	8.64	5.76	585.88	16.53	748.61	0.3
21	15.75	21.4	11.6	86	10.23	8.17	586.68	16.51	747.57	0.3
22	16.82	23.6	12.4	82	8.13	10.68	587.91	16.48	746.50	0.3
23	17.00	23.9	10.8	87	8.19	8.30	587.56	16.46	745.41	0.3
24	16.04	25.2	6.6	75	3.45	8.21	585.75	16.43	744.28	0.3
25	15.91	22.6	8.8	80	6.65	6.03	584.84	16.41	743.12	0.3
26	14.81	22.3	9.5	88	9.00	7.13	585.08	16.38	741.93	0.3
27	15.10	19.3	10.4	89	10.36	6.39	586.02	16.35	740.72	0.3
28	15.61	22.4	11.7	86	10.89	5.45	586.80	16.32	739.47	0.3
29	15.17	22.9	9.7	91	10.05	4.68	586.36	16.30	738.19	0.3
30	14.27	23.2	7.8	89	7.43	5.65	584.74	16.27	736.89	0.3
31	15.83	24.1	8.2	82	8.61	7.23	583.85	16.24	735.55	0.3

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 2E-12x^5 + 5E-09x^4 + 2E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0085x + 16.81$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4669x + 762.04$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Tunal, Arteaga; Coahuila.

Estación : Tunal.

Latitud : 25° 25' 11'' N

Longitud : 100° 37' 40'' S

Altitud : 2245 msnm

Mes : Agosto **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/ida)	P ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	16.82	24.4	10.1	82	9.56	6.66	584.94	16.20	734.19	0.3
2	16.12	24.4	8.1	89	7.34	9.48	586.38	16.17	732.80	0.3
3	14.12	22.2	6.6	88	7.95	5.15	586.53	16.14	731.38	0.3
4	14.51	22	7.1	92	8.90	6.66	585.56	16.11	729.93	0.3
5	15.29	27	6.1	94	8.14	8.00	584.67	16.07	728.46	0.3
6	16.05	24.1	6.9	91	7.53	7.74	584.66	16.04	726.95	0.3
7	15.21	23.2	6.3	89	8.12	7.40	585.11	16.00	725.42	0.3
8	15.93	23	8.7	92	10.28	5.98	585.30	15.97	723.86	0.3
9	14.60	24.1	7.2	94	9.65	5.86	584.61	15.93	722.27	0.3
10	16.14	24.1	9.1	94	10.38	5.29	584.31	15.89	720.66	0.3
11	15.38	24.8	8.2	88	9.13	4.58	584.85	15.86	719.02	0.3
12	17.10	25.3	9.7	92	9.81	7.44	585.35	15.82	717.35	0.3
13	17.72	25.1	7.8	81	6.86	8.56	585.07	15.78	715.66	0.3
14	16.41	25.1	7.8	81	5.50	9.92	585.28	15.74	713.94	0.3
15	16.25	24.6	6.1	77	2.50	10.39	585.68	15.70	712.20	0.3
16	16.59	23.5	8.5	71	5.59	9.38	586.60	15.66	710.42	0.3
17	15.37	23.2	7	84	5.95	8.71	586.40	15.61	708.63	0.29
18	16.09	23.9	7.4	89	7.58	9.48	585.24	15.57	706.81	0.29
19	15.97	22.9	7.7	90	6.74	10.39	585.06	15.53	704.96	0.29
20	15.69	21.9	9.6	82	7.45	9.79	585.67	15.49	703.09	0.29
21	17.23	22.4	12.9	75	5.11	11.06	585.08	15.44	701.20	0.29
22	16.40	23.5	7.6	78	5.53	7.40	583.64	15.40	699.28	0.29
23	16.48	21.5	11.8	80	8.91	8.57	582.83	15.35	697.33	0.29
24	16.12	24.1	10.4	91	10.51	8.01	582.18	15.31	695.37	0.29
25	16.01	22.2	12.8	92	12.17	6.42	583.44	15.26	693.38	0.29
26	16.31	22.1	10.6	88	10.24	5.51	584.34	15.21	691.37	0.29
27	15.73	23.3	7.3	92	9.06	6.72	584.83	15.16	689.33	0.29
28	14.98	21.1	8.6	92	9.89	4.98	584.95	15.12	687.28	0.29
29	14.05	20.2	8.8	91	9.44	5.04	585.11	15.07	685.20	0.29
30	14.63	20.4	8.8	92	9.25	6.50	585.09	15.02	683.10	0.29
31	14.46	21.6	7.2	89	8.22	8.30	584.25	14.97	680.99	0.29

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 2E-12x^5 + 5E-09x^4 + 2E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0085x + 16.81$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4669x + 762.04$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Tunal, Arteaga; Coahuila.

Estación : Tunal.

Latitud : 25° 25' 11'' N

Longitud : 100° 37' 40'' S

Altitud : 2245 msnm

Mes : Septiembre **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA (°C)			HR (%)	P.ROC (%)	V. V (k/ida)	P ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RS cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	15.17	23.2	7.8	91	9.10	6.93	583.77	14.92	678.85	0.29
2	15.71	23	9.4	93	10.90	6.63	583.50	14.87	676.69	0.29
3	15.13	22.8	9	94	10.89	5.82	583.07	14.82	674.51	0.29
4	15.84	22.5	9.1	94	10.83	6.09	582.94	14.77	672.31	0.29
5	15.26	23.9	4.3	95	10.16	6.13	583.44	14.71	670.09	0.29
6	14.76	20.6	8.9	92	10.17	8.74	583.39	14.66	667.85	0.29
7	14.28	19.8	9	93	10.53	7.41	582.41	14.61	665.60	0.29
8	15.33	18.9	11.8	90	12.01	6.59	582.18	14.56	663.33	0.28
9	15.64	21.8	6.9	94	10.06	6.39	583.80	14.50	661.04	0.28
10	14.21	21.8	6.9	94	9.38	5.32	584.13	14.45	658.73	0.28
11	15.69	22.9	10.1	91	10.50	5.49	583.38	14.39	656.41	0.28
12	14.90	23.4	7.2	94	9.18	6.80	583.84	14.34	654.07	0.28
13	13.17	19.4	6.3	89	6.96	10.36	585.42	14.28	651.72	0.28
14	13.88	19.4	6.3	80	7.04	14.68	584.64	14.23	649.35	0.28
15	13.40	21	5.9	91	7.61	8.14	583.87	14.17	646.97	0.28
16	13.54	21.1	6.1	92	7.86	8.95	584.69	14.11	644.58	0.28
17	13.41	21	5.8	93	9.06	7.43	585.06	14.06	642.17	0.28
18	14.23	21.8	6.5	92	8.71	6.53	583.98	14.00	639.74	0.28
19	14.88	23.8	6.4	95	3.10	6.70	583.54	13.94	637.31	0.28
20	16.20	23.8	7.9	67	-1.43	8.35	584.59	13.88	634.86	0.28
21	15.54	21.6	8.8	78	2.34	14.16	585.89	13.83	632.40	0.28
22	13.79	20.6	5.9	92	7.70	6.93	585.72	13.77	629.94	0.28
23	14.51	21.9	7.1	89	5.78	6.86	584.20	13.71	627.46	0.28
24	14.43	23.8	4.3	89	3.61	7.30	583.14	13.65	624.97	0.28
25	16.80	23.9	10.6	72	6.01	7.14	582.64	13.59	622.47	0.28
26	16.32	24.6	7.1	85	5.64	7.00	581.93	13.53	619.97	0.28
27	16.04	24.7	7.1	81	3.74	7.24	582.28	13.47	617.45	0.28
28	14.95	23.8	4.4	72	2.23	8.51	583.60	13.41	614.93	0.27
29	12.98	15.4	10.4	90	9.70	9.75	586.23	13.35	612.41	0.27
30	12.93	20.6	9.2	90	8.59	6.39	585.40	13.29	609.87	0.27

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN

$$RA = 2E-12x^5 + 5E-09x^4 + 2E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0085x + 16.81$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 2E-07x^4 + 1E-06x^3 - 0.0156x^2 - 0.4669x + 762.04$$

$$p = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Cristal, Galeana; Nuevo León.

Estación : Cristal.

Latitud : 24° 50' 32'' N

Longitud : 100° 24' 22'' S

Altitud : 1883 msnm

Mes : Mayo **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA °C			H.R (%)	P.ROC (%)	V.V (k/ida)	P.ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RSO Cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	20.99	30.3	14.7	82	7.53	12.08	607.68	15.81	731.98	0.30
2	21.57	29.5	15.2	81	4.54	9.92	608.23	15.85	733.31	0.30
3	20.72	30	8	87	-0.32	7.17	607.95	15.88	734.62	0.30
4	21.51	29.5	8.9	29	-8.83	11.11	606.80	15.92	735.89	0.30
5	19.38	32.2	2.5	91	-9.82	7.33	607.55	15.96	737.14	0.30
6	17.02	28.9	2.5	55	-3.89	8.55	608.75	15.99	738.36	0.30
7	18.11	28.8	6.5	79	4.60	9.92	609.51	16.03	739.56	0.30
8	19.53	29.9	10.4	75	5.16	8.14	609.88	16.06	740.72	0.30
9	21.43	30	9	74	4.79	7.61	609.29	16.09	741.86	0.30
10	19.81	29.2	9	74	-0.73	7.43	608.18	16.13	742.97	0.30
11	18.27	28.3	6.3	70	3.51	6.80	607.95	16.16	744.05	0.30
12	18.43	29.9	6.9	79	4.23	7.10	609.04	16.19	745.11	0.30
13	18.70	31.2	10.1	91	9.62	7.67	610.08	16.22	746.13	0.30
14	20.75	31.2	10.1	91	8.40	7.62	609.99	16.25	747.13	0.30
15	21.59	31.4	12.6	81	8.09	6.76	609.84	16.28	748.10	0.30
16	21.78	32.2	13.7	78	10.31	7.29	609.75	16.31	749.04	0.30
17	20.48	32.1	11.9	85	8.30	7.26	610.39	16.33	749.95	0.30
18	17.05	26.9	6.9	85	6.41	9.51	611.73	16.36	750.84	0.30
19	16.13	27.3	5.3	87	5.93	9.07	611.64	16.39	751.70	0.30
20	18.12	28.9	6.3	87	6.88	7.57	610.60	16.41	752.52	0.30
21	19.30	29.2	11.5	84	8.50	10.08	610.70	16.44	753.32	0.30
22	18.27	28.2	7.3	88	6.23	9.76	611.80	16.46	754.10	0.30
23	18.43	28.9	8	87	7.99	6.69	612.14	16.49	754.84	0.30
24	16.55	26.2	8.8	88	9.10	4.78	612.40	16.51	755.55	0.30
25	18.18	27.6	9.4	89	9.24	6.89	611.53	16.53	756.24	0.30
26	19.13	29.4	8.5	84	6.53	7.03	611.23	16.55	756.89	0.31
27	17.70	26.7	10.7	86	7.61	8.24	611.94	16.57	757.52	0.31
28	16.20	26	7.9	84	7.96	5.79	612.00	16.59	758.12	0.31
29	17.36	27.1	8.8	92	9.62	6.66	611.66	16.61	758.69	0.31
30	18.51	27.3	9.3	91	10.24	6.33	611.95	16.63	759.23	0.31
31	18.66	30.5	8	90	8.80	4.86	611.03	16.65	759.74	0.31

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN.

$$RA = 3E-12x^5 + 5E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0082x + 16.792.$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 1E-07x^4 + 3E-07x^3 - 0.015x^2 - 0.4528x + 760.53.$$

$$P = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307.$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Cristal, Galeana; Nuevo León.

Estación : Cristal.

Latitud : 24° 50' 32'' N

Longitud : 100° 24' 22'' S

Altitud : 1883 msnm

Mes : Junio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA °C			H.R (%)	P.ROC (%)	V.V (k/ida)	P.ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RSO Cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	19.58	31.7	6.3	85	6.01	6.87	610.08	16.66	760.22	0.31
2	20.40	29.9	10	78	5.75	10.28	611.58	16.68	760.68	0.31
3	19.05	29.9	7.9	90	8.84	8.67	611.69	16.69	761.10	0.31
4	20.27	29.4	11.8	86	9.09	8.08	611.16	16.71	761.50	0.31
5	21.39	29.7	9.7	94	10.58	9.89	610.33	16.72	761.86	0.31
6	19.53	27.9	14.5	78	11.60	8.07	611.18	16.74	762.20	0.31
7	18.10	26.8	13.7	85	12.03	6.62	611.87	16.75	762.51	0.31
8	17.75	25.7	11.4	94	11.77	6.77	610.78	16.76	762.78	0.31
9	17.21	28	9.7	94	10.58	5.72	609.99	16.77	763.03	0.31
10	19.05	28	11.1	92	11.44	6.60	610.10	16.78	763.25	0.31
11	20.31	28.7	13.5	89	11.74	5.59	610.51	16.79	763.44	0.31
12	20.08	29.7	11.6	88	10.94	7.00	610.99	16.80	763.60	0.31
13	17.85	25.5	10.4	92	11.95	8.52	611.47	16.80	763.73	0.31
14	17.96	25.5	10.4	92	10.91	6.49	612.13	16.81	763.83	0.31
15	17.20	25	12.2	90	11.31	5.12	611.62	16.82	763.90	0.31
16	17.36	24.3	12.5	94	12.11	5.69	611.27	16.82	763.94	0.31
17	18.33	24.2	12.7	91	11.55	7.07	612.22	16.82	763.95	0.31
18	18.41	24.6	11.4	91	11.25	10.15	612.24	16.83	763.93	0.31
19	18.58	24	13.5	89	12.58	8.89	611.30	16.83	763.88	0.31
20	19.66	25.4	15.1	86	12.39	9.31	610.47	16.83	763.81	0.31
21	19.90	26.9	16.2	83	12.60	10.88	610.40	16.83	763.70	0.31
22	20.28	28.1	16.5	81	11.93	9.45	610.16	16.83	763.56	0.31
23	20.75	28.3	15.2	86	11.95	10.15	609.64	16.83	763.39	0.31
24	20.12	28.1	11.4	90	11.86	9.15	609.40	16.83	763.19	0.31
25	18.85	28.9	11.9	90	13.13	5.39	609.29	16.83	762.96	0.31
26	19.02	28.7	13.6	93	13.86	3.74	609.26	16.83	762.71	0.31
27	20.65	29.6	14.2	94	13.99	6.32	610.39	16.82	762.42	0.31
28	22.03	30.2	15.6	87	12.37	7.50	611.03	16.82	762.10	0.31
29	20.89	29.8	12.4	86	11.18	6.49	610.59	16.81	761.75	0.31
30	20.47	28.9	12.4	89	11.67	7.84	609.72	16.81	761.38	0.31

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN.

$$RA = 3E-12x^5 + 5E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0082x + 16.792.$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 1E-07x^4 + 3E-07x^3 - 0.015x^2 - 0.4528x + 760.53.$$

$$P = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307.$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Cristal, Galeana; Nuevo León.

Estación : Cristal.

Latitud : 24° 50' 32'' N

Longitud : 100° 24' 22'' S

Altitud : 1883 msnm

Mes : Julio **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA °C			H.R (%)	P.ROC (%)	V.V (k/ida)	P.ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RSO Cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	20.26	30.4	11.7	92	9.85	9.30	609.64	16.80	760.97	0.31
2	19.88	27.1	13.9	85	11.73	10.92	610.14	16.79	760.53	0.31
3	18.59	24.4	12.7	87	12.21	10.19	610.06	16.78	760.06	0.31
4	17.24	19.8	15.3	88	13.35	15.82	610.79	16.77	759.56	0.31
5	18.55	28.2	6.9	95	11.93	17.10	612.80	16.76	759.04	0.31
6	17.68	24.3	10.2	91	10.02	13.14	613.36	16.75	758.48	0.31
7	18.05	26.1	7.7	95	8.74	9.39	613.05	16.74	757.89	0.31
8	17.65	27.9	9.3	87	10.10	6.59	612.60	16.73	757.27	0.31
9	16.70	23.9	9.8	95	11.90	3.41	612.36	16.72	756.63	0.31
10	17.06	23.9	11	95	12.01	7.64	612.46	16.70	755.95	0.31
11	17.73	24.3	12.4	91	11.30	7.97	612.98	16.69	755.24	0.31
12	17.35	24.1	8.2	94	10.24	13.73	613.67	16.67	754.50	0.31
13	19.06	27.8	7.3	78	7.91	8.74	613.80	16.65	753.74	0.31
14	18.66	27.8	7.3	78	3.53	6.60	613.65	16.64	752.94	0.31
15	18.78	27.4	7.8	68	3.31	8.74	612.59	16.62	752.11	0.31
16	18.63	28.2	10.6	87	8.75	10.05	612.47	16.60	751.26	0.30
17	17.75	26.9	7.9	93	9.52	7.64	613.07	16.58	750.37	0.30
18	17.70	23.6	11	83	10.57	8.45	613.79	16.56	749.45	0.30
19	18.15	24.9	12.9	83	10.36	8.61	613.60	16.54	748.51	0.30
20	17.43	24.9	8.1	89	9.55	9.79	613.03	16.52	747.53	0.30
21	19.01	26.6	15.2	81	11.55	10.58	614.10	16.49	746.53	0.30
22	17.96	26.3	10.4	85	8.61	7.82	615.61	16.47	745.49	0.30
23	18.86	27.3	9.9	87	6.88	8.51	615.06	16.45	744.43	0.30
24	17.76	28.2	6.9	74	4.61	8.40	613.01	16.42	743.34	0.30
25	18.45	27.5	9.2	83	8.10	6.99	612.01	16.39	742.21	0.30
26	19.56	27.6	12.7	83	9.87	9.01	612.21	16.37	741.06	0.30
27	18.05	25.1	13.9	87	11.93	5.69	613.31	16.34	739.88	0.30
28	18.94	27.8	11.7	91	11.24	5.45	614.02	16.31	738.67	0.30
29	17.71	28.1	11.2	86	10.46	5.98	613.56	16.28	737.43	0.30
30	16.78	27.3	8.2	91	8.90	4.55	611.75	16.25	736.17	0.30
31	19.40	28.1	11	92	10.31	7.03	610.78	16.22	734.87	0.30

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN.

$$RA = 3E-12x^5 + 5E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0082x + 16.792.$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 1E-07x^4 + 3E-07x^3 - 0.015x^2 - 0.4528x + 760.53.$$

$$P = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307.$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Cristal, Galeana; Nuevo León.

Estación : Cristal.

Latitud : 24° 50' 32'' N

Longitud : 100° 24' 22'' S

Altitud : 1883 msnm

Mes : Agosto **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA °C			H.R (%)	P.ROC (%)	V.V (k/ida)	P.ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RSO Cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	20.78	29.1	14.1	84	11.05	8.57	611.95	16.19	733.54	0.30
2	19.64	28.4	11	89	8.39	8.38	613.63	16.16	732.19	0.30
3	17.49	25.9	9.5	85	9.22	5.86	613.71	16.13	730.81	0.30
4	17.62	27.3	8.4	94	9.44	6.43	612.74	16.10	729.40	0.30
5	18.75	29.9	6.6	93	8.94	6.47	611.72	16.06	727.96	0.30
6	19.48	28	10.2	88	9.19	7.11	611.67	16.03	726.49	0.30
7	18.79	27.2	9.3	87	9.14	7.21	612.23	15.99	725.00	0.30
8	19.34	27.1	10.9	88	11.47	10.29	612.49	15.96	723.47	0.30
9	18.42	28.9	9.2	87	10.59	6.93	611.81	15.92	721.92	0.30
10	20.53	28.9	12.3	87	10.83	7.60	611.38	15.88	720.34	0.30
11	20.46	29	12.6	86	10.49	8.91	611.99	15.84	718.73	0.30
12	20.64	29.5	11.6	83	10.11	8.27	612.57	15.80	717.10	0.30
13	20.40	28.3	7.9	86	8.43	9.87	612.36	15.77	715.44	0.30
14	19.12	28.3	7.9	86	6.29	8.77	612.72	15.73	713.75	0.30
15	19.05	28.4	6.8	77	2.88	8.98	612.88	15.68	712.03	0.30
16	18.01	27	6.8	77	5.70	7.57	613.79	15.64	710.29	0.30
17	18.28	25.8	8.7	84	8.11	7.50	613.70	15.60	708.52	0.29
18	18.61	26.2	9.6	86	9.32	9.89	612.55	15.56	706.72	0.29
19	18.43	26.6	9.3	91	8.70	9.92	612.08	15.52	704.90	0.29
20	18.81	25.2	13.1	74	8.98	9.99	612.60	15.47	703.05	0.29
21	18.65	26.7	10	82	7.36	8.64	611.90	15.43	701.18	0.29
22	18.07	28.3	6.6	77	6.61	5.26	610.58	15.38	699.28	0.29
23	19.25	28.1	10.8	89	9.99	6.13	609.74	15.34	697.35	0.29
24	20.68	28.8	15.1	85	11.74	8.74	609.23	15.29	695.40	0.29
25	19.63	26.7	14.4	93	12.82	9.24	610.51	15.24	693.42	0.29
26	19.13	27	10.2	91	10.69	11.43	611.66	15.19	691.42	0.29
27	19.03	27	9.1	91	9.95	11.56	612.05	15.15	689.39	0.29
28	18.90	26.4	9	89	10.35	11.59	612.10	15.10	687.34	0.29
29	17.30	25.9	9.4	89	11.10	5.49	612.30	15.05	685.26	0.29
30	17.69	25.6	8.8	95	10.18	6.27	612.16	15.00	683.16	0.29
31	17.65	25.9	7.8	92	9.11	5.66	611.45	14.95	681.03	0.29

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN.

$$RA = 3E-12x^5 + 5E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0082x + 16.792.$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 1E-07x^4 + 3E-07x^3 - 0.015x^2 - 0.4528x + 760.53.$$

$$P = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307.$$

Concentración de datos del clima

Localidad : El Cristal, Galeana; Nuevo León.

Estación : Cristal.

Latitud : 24° 50' 32'' N

Longitud : 100° 24' 22'' S

Altitud : 1883 msnm

Mes : Septiembre **Año** : 1999

DIA	TEMPERATURA °C			H.R (%)	P.ROC (%)	V.V (k/ida)	P.ATM (CMB)	RA (mm/ida)	RSO Cal/cm ² /d	P (%)
	PROM	MAX	MIN							
1	18.13	27.2	9	88	9.81	6.46	610.98	14.9	678.9	0.29
2	20.08	27.6	13.8	84	11.88	6.87	610.56	14.85	676.7	0.29
3	19.32	27.3	11.1	90	11.11	7.41	610.04	14.79	674.5	0.29
4	18.74	27	10.2	91	11.51	11.52	610.03	14.74	672.3	0.29
5	18.11	28.5	4.3	95	10.91	11.43	610.50	14.69	670.1	0.29
6	17.58	24.4	10.3	91	11.22	7.20	610.39	14.64	667.8	0.29
7	16.95	22.8	10.9	87	11.67	5.09	609.25	14.58	665.5	0.29
8	17.16	23.1	14.1	93	13.86	8.33	609.16	14.53	663.2	0.28
9	17.95	25.8	8.3	95	11.40	13.40	611.01	14.47	660.9	0.28
10	17.45	25.8	8.3	95	10.84	9.19	611.31	14.42	658.5	0.28
11	18.73	27.6	11	91	10.68	5.63	610.48	14.36	656.1	0.28
12	17.70	26.9	9.3	89	8.70	9.44	611.02	14.31	653.7	0.28
13	16.37	23.7	6.8	90	7.81	7.48	612.64	14.25	651.3	0.28
14	16.39	23.7	6.8	90	8.18	7.56	611.87	14.19	648.9	0.28
15	15.82	24.2	5.8	88	7.81	8.71	611.23	14.13	646.4	0.28
16	16.25	23.9	6.9	93	9.29	9.28	612.06	14.08	644	0.28
17	15.93	23.6	7.6	93	9.11	10.59	612.48	14.02	641.5	0.28
18	16.84	26.7	6.9	90	9.52	7.27	611.32	13.96	639	0.28
19	17.90	27.7	7.4	91	8.56	5.09	610.60	13.9	636.4	0.28
20	16.60	27.9	4.3	80	2.38	6.50	611.64	13.84	633.9	0.28
21	16.15	24.6	4.9	75	4.87	11.55	613.26	13.78	631.3	0.28
22	16.21	24.3	6.8	94	8.61	7.74	613.23	13.72	628.7	0.28
23	18.05	26.6	13	82	9.78	6.48	611.61	13.66	626.1	0.28
24	17.90	27.8	8.7	90	8.44	5.48	610.33	13.6	623.5	0.28
25	17.71	28.5	6.8	77	6.59	4.45	609.68	13.54	620.9	0.28
26	18.70	29.8	7.9	80	7.00	5.90	609.00	13.48	618.2	0.28
27	18.14	27.6	7.8	76	6.39	6.37	609.38	13.42	615.5	0.28
28	16.91	26.4	5.2	90	6.29	6.87	610.99	13.36	612.8	0.27
29	17.14	22.2	12.9	89	10.14	10.12	613.30	13.29	610.1	0.27
30	15.89	23	8.3	94	9.11	8.54	612.95	13.23	607.4	0.27

ECUACION POLINOMIAL DE 5° ORDEN.

$$RA = 3E-12x^5 + 5E-09x^4 + 1E-07x^3 - 0.0004x^2 - 0.0082x + 16.792.$$

$$Rso = 4E-10x^5 + 1E-07x^4 + 3E-07x^3 - 0.015x^2 - 0.4528x + 760.53.$$

$$P = -4E-14x^5 + 7E-11x^4 + 5E-09x^3 - 4E-06x^2 - 0.0001x + 0.307.$$

APENDICE “C”

**TABLAS CONSULTADAS PARA EL CALCULO DE
Rs RA y p EN LOS MODELOS DE ETP**

**Tabla C -1 Radiación solar promedio para cielos despejados Rso
(calculados por Budyko. 1963) en Cal.cm⁻².dia⁻¹.**

LAT	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
60	58	152	319	533	671	763	690	539	377	197	87	35
55	100	219	377	558	690	780	706	577	430	252	133	74
50	155	290	429	617	716	790	729	616	480	313	193	126
45	215	365	477	650	729	797	748	648	527	371	260	190
40	284	432	529	677	742	800	755	674	567	426	323	248
35	345	496	568	700	742	800	761	697	603	474	380	313
30	403	549	600	713	742	793	755	703	637	519	437	371
25	455	595	629	720	742	780	745	703	660	561	486	423
20	500	634	652	720	726	760	729	697	680	597	537	474
15	545	673	671	713	706	733	706	684	697	623	580	519
10	584	701	681	707	684	700	681	665	707	648	617	565
5	623	722	690	700	652	663	645	645	710	665	650	606
0	652	740	694	680	623	627	616	623	707	684	680	619

**Tabla C – 2 Radiación solar extraterrestre (RA) en mm.dia⁻¹
Tomados de FAO – 24**

LAT	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
50	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48	4.3	6.6	9.8	13	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5	3.7
46	4.9	7.1	10.2	13.3	16	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6	4.7
42	5.9	8.1	11	14	16.2	17.3	16.7	15	12.2	9.1	6.5	5.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7	5.7
38	6.9	9	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10	7.5	6.1
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8	6.6
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32	8.3	10.2	12.8	15	16.5	17	16.8	15.6	13.6	11.2	9	7.8
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12	9.9	8.8
26	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13	11.1	10.2
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18	11.6	13	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12	11.1
16	12	13.3	14.7	15.6	16	15.9	15.9	15.7	15	13.9	12.4	11.6
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12
12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15	14.2	13.7
4	14.3	15	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0	15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Tabla C - 3 Porcentaje mensual de horas luz del día (p) del año para latitudes De 0 – 64 al Norte del Ecuador. Fuente FAO – 24 .

LAT	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
60	0.15	0.2	0.26	0.32	0.38	0.41	0.4	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.4	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.2	0.17
50	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.2	0.18
48	0.2	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46	0.2	0.23	0.27	0.3	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.2
44	0.21	0.24	0.27	0.3	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.2
42	0.21	0.24	0.27	0.3	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40	0.22	0.24	0.27	0.3	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.3	0.28	0.25	0.23	0.22
30	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.3	0.28	0.26	0.24	0.23
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.3	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.3	0.3	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

APENDICE “D”

VALORES DE K_c OBTENIDOS EN EL
DESARROLLO
DEL PRESENTE PROYECTO DE
INVESTIGACION

Tabla D -1 Resumen de los Kc obtenidos por localidad.

EMILIANO ZAPATA		LOC: TUNAL		LOC SN. FRANCISCO	
TB (ACUM)	KC (EXP)	TB (ACUM)	KC (EXP)	TB (ACUM)	KC (EXP)
12.22	0.091	9.4	0.440	12.95	0.739
26.14	0.138	18.57	0.460	24.19	0.780
40.54	0.180	29.08	0.470	34.99	0.788
52.89	0.214	38.37	0.520	45.91	0.788
64.94	0.290	46.98	0.570	56.38	0.790
77.63	0.303	56.23	0.570	68.57	0.797
90.32	0.381	65.03	0.580	82.39	0.808
102.08	0.446	75.27	0.660	95.16	0.813
113.47	0.489	86.75	0.660	107.31	0.829
126.24	0.606	97.26	0.680	117.26	0.831
137.36	0.630	106.9	0.740	126.21	0.831
148.09	0.676	114.52	0.790	137.57	0.845
159.82	0.697	122.95	0.830	149.96	0.857
170.7	0.720	132.55	0.870	159.81	0.860
180.78	0.745	139.9	0.910	170.35	0.865
192.72	0.773	149.65	0.920	178.79	0.884
203.58	0.777	160.47	0.970	190.36	0.889
215.33	0.818	171.47	0.990	202.54	0.897
227.14	0.820	181.51	0.990	212.9	0.917
238.77	0.887	191.42	0.990	222.18	0.927
249.29	0.956	200.23	1.000	232.08	0.939
258.53	0.992	209.33	1.000	244.13	0.963
267.97	0.993	218.94	1.030	257.52	0.975
278.97	1.010	228.11	1.040	271.38	0.984
288.01	1.109	236.38	1.050	285.3	1.008
299.71	1.156	246.21	1.050	297.26	1.027
311.99	1.168	257.03	1.050	308.8	1.031
324.73	1.191	267.15	1.070	320.95	1.038
335.54	1.197	275.27	1.070	333.01	1.056
346.27	1.224	283.78	1.080	342.52	1.086
356.66	1.338	293.07	1.080	352.28	1.091
366.9	1.372	303.12	1.090	361.9	1.121
378.28	1.321	312.33	1.090	373.08	1.160
388.1	1.297	322.26	1.110	384.78	1.191
396.85	1.233	330.86	1.120	395.81	1.200
408.45	1.221	341	1.120	405.55	1.227
420.96	1.194	350.38	1.120	414.81	1.239
431.32	1.180	361.48	1.140	424.02	1.242
439.49	1.160	373.2	1.150	433.08	1.247
449.02	1.160	383.61	1.150	442.26	1.276
459.86	1.156	393.86	1.170	452.07	1.308

Tabla D – 1 continuación...

EMILIANO ZAPATA		LOC: TUNAL		LOC SN. FRANCISCO	
TB (ACUM)	KC (EXP)	TB (ACUM)	KC (EXP)	TB (ACUM)	KC (EXP)
471.89	1.152	404.45	1.170	460.99	1.331
482.75	1.137	413.82	1.180	472.14	1.352
493.4	1.112	423.91	1.180	483.4	1.376
504.29	1.101	433.88	1.180	495.08	1.396
515.87	1.093	443.57	1.200	505.77	1.418
526.35	1.088	454.8	1.200	516.22	1.304
538.46	1.079	465.2	1.340	526.89	1.236
551.27	1.074	475.68	1.360	537.47	1.214
561.89	1.072	485.8	1.380	549.64	1.201
572.86	1.068	495.81	1.420	561.43	1.166
583.29	1.056	506.12	1.430	572.59	1.152
593.64	1.039	515.85	1.480	583.83	1.144
605.46	1.034	524.83	1.480	596.06	1.128
616.34	1.024	532.88	1.530	606.57	1.124
626.95	1.020	541.51	1.460	616.9	1.104
638.51	1.016	549.97	1.400	638.13	1.103
648.61	1.012	559.14	1.310	647.91	1.082
659.88	1.010	568.85	1.280	657.62	1.067
671.52	1.010	577.98	1.190	668.04	1.056
683.23	1.005	587.82	1.180	677.58	1.045
694.48	0.994	597.08	1.160	686.37	1.037
705.43	0.986	605.84	1.150	695.76	1.031
715.46	0.945	614.12	1.140	704.71	1.002
725.02	0.910	633.09	1.120	715.35	1.001
733.84	0.893	641.3	1.080	726.82	0.994
743.58	0.838	650.99	1.050	737.39	0.968
754.67	0.758	659.89	1.020	747.3	0.922
766.73	0.717	667.06	0.990	755.4	0.911
777.91	0.671	674.94	0.980	764.25	0.898
789.26	0.635	682.34	0.950	773.72	0.889
799.15	0.624	689.88	0.920	781.57	0.887
809.19	0.531	697.29	0.920	791.54	0.864
				802.57	0.830
				814.01	0.825
				824.75	0.818
				835.3	0.814
				844.46	0.812
				853.81	0.793
				863.25	0.790

Tabla D – 1 continuación...

EMILIANO ZAPATA		LOC: TUNAL		LOC SN. FRANCISCO	
				872.81	0.783
				881.44	0.782
				891.42	0.762
				902.07	0.744
				912.18	0.714
				920.76	0.701
				929.67	0.694
				939.45	0.555