

## **ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.), DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS FENOLÓGICAS, MEDIANTE LA TINA DE EVAPORACIÓN.**

ESTIMATION OF THE CROP WATER REQUIREMENTS OF CUCUMBER (*Cucumis sativus* L.), DURING THE DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES, USING TUB EVAPORATION.

Romero, Edgar<sup>1</sup>; Rodríguez, Andy<sup>2</sup>; Rázuri, Luis<sup>2</sup>; Suniaga, José<sup>1</sup> y Montilla, Eugenio<sup>1</sup>.

1) Instituto de investigaciones agropecuarias (IIAP). Línea de Producción Vegetal.

2) Centro de Intercambio de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT).

edroca@ula.ve, suniagaj@ula.ve, eugmonti@ula.ve razuri@ula.ve.

Inicio de la investigación: Mayo del 2005. Final: Diciembre del 2006.

Recepción por el Comité Editorial: Julio del 2009.

Aceptación para su publicación Julio del 2009 .

### **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue el de estimar las necesidades hídricas del cultivo del pepino en sus diferentes etapas fenológicas, mediante el uso de la tina de evaporación tipo A. El trabajo se realizó en la estación experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ubicada en la localidad de San Juan de Lagunillas, municipio Sucre del estado Mérida, cuya altura está comprendida entre 1000-1100 msnm. Posee clima semiárido, suelo superficial con alta pedregosidad, clasificado como cambortid típico, franco fino, micáceo, isohipertérmico. Las etapas fenológicas consideradas fueron: germinación-emergencia (0-16 días), crecimiento y desarrollo (17-30 días), floración e inicio de la fructificación (31-44 días), fructificación (45-58 días) y cosecha (59-70 días); para un ciclo de cultivo de setenta y tres días (73 días) desde la siembra hasta la última cosecha. El área de siembra fue de 1224 m<sup>2</sup> y 27.777 plantas/ha. Las necesidades hídricas totales del cultivo fueron de 260 mm. La etapa fenológica con mayores requerimientos hídricos fue la de fructificación con 66,8 mm y la de menor requerimiento fue la de establecimiento del cultivo (germinación-emergencia) con 43,1 mm. Los requerimientos hídricos promedio del cultivo durante su ciclo fueron de 3.65 mm/día, lo que equivale 1,28 litros/planta/día o 36m<sup>3</sup>/ha.

**Palabras clave:** necesidades hídricas, etapas fenológicas, tina, pepino, *Cucumis sativus* L.

## ABSTRACT

The aim of this study was to estimate crop water requirements of cucumber at different phenological stages, using tub evaporation type A. The study was conducted at the experimental station of the Agricultural Research Institute (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), located in the town of San Juan de Lagunillas, Sucre municipality, Mérida State, whose height is between 1000 - 1100 meters above sea level. It has semi-arid climate, surface soils with high stoniness, classified as typical Cambortid, fine, micaceous, isohyperthermic. Phenological stages considered were: seedling emergence (0-16 days), growth and development (17-30 days), flowering and fruiting start (31-44 days), fruiting (45-58 days) and harvest (59 -70 days), for one growing season seventy-three days (73 days) from sowing to the last harvest. The planting area was 1224 m<sup>2</sup> and 27.777 plants / ha. The total crop water requirements were 260 mm. The phenological stage with higher water requirements was fruiting 66.8 mm and the lowest order was that of crop establishment (seedling emergence) with 43,1 mm. The crop water requirements averages during cycle were 3,65 mm / day, equivalent to 1,28 liters / plant / day or 36m<sup>3</sup>/ha.

**Keywords:** water requirements, phenological stages, tub, cucumber, *Cucumis sativus* L.

## INTRODUCCIÓN

En el contexto económico actual, el objetivo de la explotación agrícola es la obtención de los máximos beneficios sociales-económicos y ambientales. Esto implica por un lado un uso mas racional de los recursos del medio ambiente (suelo-agua-clima) y por otro lado usar en los sistemas de producción, elementos como: fertilizantes, genotipos con mayor capacidad productiva, biocidas, tecnologías de riego y técnicas de cultivo apropiadas, Guzmán (2004) citado por Rodríguez (2007).

Los cultivos hortícolas, necesitan una adecuada nutrición hídrica que pueda garantizar la expresión genética de las diferentes especies y/o variedades. Un aporte de agua al cultivo de manera inadecuada o desproporcionada influye desfavorablemente sobre los rendimientos y/o sobre la calidad de la cosecha. En algunos casos puede producir retrasos indeseables en el ciclo productivo.

El pepino, al igual que casi todos los cultivos comúnmente denominados hortalizas, presenta características muy particulares: es de rápido crecimiento, con un alto índice de acumulación de biomasa y con un sistema radical poco profundo; por lo que para lograr altos rendimientos es necesario utilizar sistemas de producción que garanticen un adecuado y oportuno aprovisionamiento de agua.

La escasez generalizada de agua para la agricultura ha generado una fuerte necesidad de crear estrategias orientadas a mejorar la eficiencia de su uso. Una de ellas es la de conocer las necesidades de agua de cualquier cultivo, esta se define como la cantidad de agua que debe tener el suelo para que la planta pueda satisfacer sus procesos fisiológicos y poder tener un desarrollo óptimo. Están constituidas por el agua evaporada desde la superficie libre del suelo y la transpirada por la planta. Castañón (2000) señala lo difícil de separar en la práctica una de la otra y la falta de sentido y utilidad, pues el suelo debe tener la capacidad de aportar toda el agua perdida. En consecuencia se utiliza el término de evapotranspiración, el cual se define como la cantidad de agua perdida bajo forma de vapor, desde una superficie cubierta de vegetación, para estimar las necesidades hídricas de las plantas. Dichas necesidades se miden en mm/día y depende en el tiempo de diversos factores: clima (condiciones meteorológicas), características del suelo (propiedades físicas) y el propio cultivo (especie, genotipos y estados fenológicos).

Existen métodos o procedimientos basados en la medida del estatus del agua en uno o más componentes del sistema suelo-planta-atmósfera. Para ello pueden emplearse diversos métodos que requieren la medición de distintos datos: ecuaciones aerodinámicas, de balance de energía, combinadas [Penman, Penman-Monteih (Penman, 1948)]; basados en la radiación (Jensen y Haise, 1963); FAO (Dorembos y Pruitt, 1976); Turk (1954), basados en la medición de la evaporación [FAO, Grassi-Christiansen (Grassi, 1964); Norero (1976)]; procedimientos basados en datos climáticos [Blaney-Cridle (1950); Hargreaves y Samani (1985)]; todos citados por Grassi (1998).

También puede llevarse a cabo aplicando procedimientos basados en medidas en el suelo; cuya finalidad es determinar la cantidad, volumen y tensión del agua en el suelo (gravimétricos, tensiómetros, bloques de yeso, TDR o Time Domain Reflectometry).

Adicionalmente existen métodos sofisticados que tienen en cuenta parámetros de la planta, como tensión de la savia y temperatura foliar, cuya medición se realiza mediante cámara de presión y termómetros de infrarrojos respectivamente.

Grassi (1998), afirma que la ingeniería del riego ha tenido preferencia para determinar las necesidades hídricas de los cultivos, por los procedimientos empíricos o semiempíricos, basados en datos fáciles de obtener,

debido a que la planificación, diseño y construcción de proyectos se realiza generalmente en nuevas tierras; donde no se cuenta con la información requerida para aplicar procedimientos elaborados. El mismo autor establece que las medidas de evaporación constituyen una norma de estimar la evapotranspiración, dado la íntima relación que existe entre ambos procesos, con la diferencia que las plantas que componen la cobertura vegetal interrumpen la transpiración en la noche y en determinadas condiciones, incluso al mediodía.

El presente trabajo, se basó en la medida, en tiempo real de la evaporación mediante el empleo de un tanque evapocimetrox, concretamente la tina tipo A, que permitió estimar las necesidades hídricas del pepino en sus diferentes etapas fenológicas, mediante el empleo de los coeficientes respectivos. Todo ello de acuerdo con FAO-56, citado por Trezza (2001), que concluye que el método de la tina, es uno de los métodos que requieren el empleo de menos instrumentos; produciendo a pesar de ello una buena estimación de las necesidades hídricas del cultivo de referencia, "Etc".

Según la FAO-56, Allen et al (1998) citado por Trezza (2001) define la evapotranspiración del cultivo de referencia, "Eto", como la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas, de 12 centímetros de altura con un valor fijo de resistencia de la superficie de  $70\text{sm}^{-1}$  y un albedo de 0.23. el cultivo es asumido como uniforme, en crecimiento activo y sin limitaciones de agua.

Guenkov (1974), Coljab (1991) citados por Rodríguez (2007) resaltan la importancia de conocer las necesidades hídricas del cultivo de pepino en sus diferentes etapas fenológicas, así como la influencia de un déficit hídrico sobre los rendimientos del cultivo (cantidad y calidad de los frutos producidos).

En atención a ello se realizó el presente trabajo, el cual tuvo como objetivo principal estimar las necesidades hídricas del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en sus diferentes etapas fenológicas, usando la tina de evaporación tipo A.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

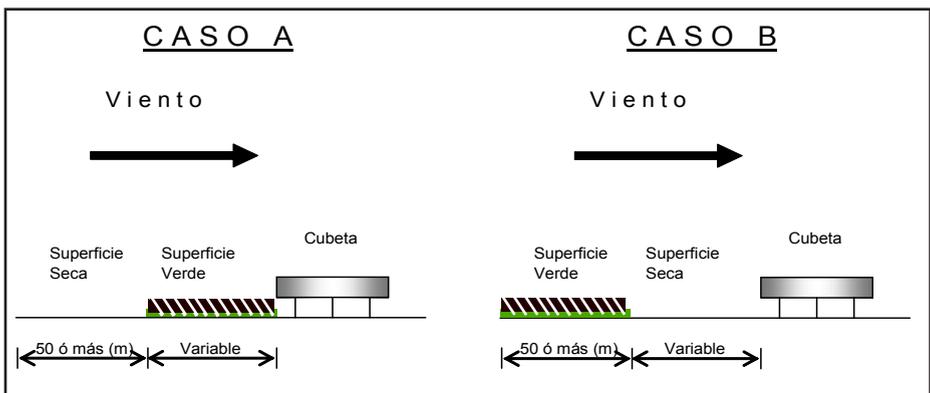
El trabajo se realizó en la estación experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de Los Andes, ubicada en San Juan de Lagunillas, parroquia San Juan del municipio Sucre, ubicada al sur-oeste de la ciudad de Mérida del estado Mérida-Venezuela, la cual se encuentra entre las coordenadas  $08^{\circ}31'00''$  de latitud norte y  $71^{\circ}21'00''$  de longitud oeste, a una altitud aproximada entre 1000-1100 msnm; presentando pendiente entre 7% y 12%.

La precipitación total anual promedio registrada para la zona es de 600mm, observándose dos periodos húmedos con los picos máximos: Abril-Mayo y septiembre-octubre. La evaporación está en el orden de 1500 mm/año, superando abiertamente durante todo el año la precipitación. La temperatura media anual es de 23°C, la máxima anual promedio es de 28°C y la mínima anual promedio de 18°C. La temperatura ambiental anual durante el año, define un régimen isohipertérmico especialmente de 2-2,3°C, Steegmayer (1977), y de acuerdo a Comerma et al (1975) a aproximadamente 5,6°C para la zona de Mérida.

La clasificación taxonómica del suelo de acuerdo al soil taxonomy (1975) se corresponde con un cambortid típico, franco, fino, micáceo, isohipertermico. El régimen humedad estimado para los suelos bajo estudio corresponden al arídico, ya que está seco la mitad de 5°C y no se presenta húmedo por 90 días consecutivos. El perfil presenta una profundidad efectiva de 21cm, con la presencia de mucho esqueleto grueso. Ochoa y Malagon (1979). La textura es franco arcilla arenosa (FAO) con un pH neutro, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio bajos, magnesio y calcio medio.

Los datos de evaporación se tomaron entre el 12/06/05 al 22/08/05 inclusive, para lo cual se tomó tanque evaporímetro tipo A (tina de evaporación) en cual se observa en la Figura 1. Se trata de un recipiente cilíndrico fabricado a base de hierro galvanizado de 1,21m de diámetro y 25,4cm de alto, que se coloca a unos centímetros sobre el suelo utilizando una plataforma, generalmente de madera. El agua de la cubeta debe mantenerse a 5-7cm del borde.

La evaporación debe calcularse del limnómetro (instrumento dotado de un tornillo micrométrico, que permite determinar el nivel de agua en el tanque). Es recomendable realizar dichas lecturas a primera hora de la mañana y a la misma hora (7am).



**Figura 1.** Ubicación del tanque de evaporación respecto al área seca, húmeda y la velocidad del viento. Tomado de Doorembos y Pruitt (1976).

A partir del dato de evaporación (Ev) expresado en la mm/día, se calcula la evapotranspiración del cultivo de referencia “Eto”, mediante la siguiente expresión.

$$Eto = E(v) * Ktan$$

**Eto:** es la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

**E(v):** es la evaporación medida en el tanque tipo A, (mm/día)

**Ktan:** coeficiente que depende de las características del tanque, situación, condiciones climáticas. Es el coeficiente de evaporación del tanque, corrige el valor de la evaporación por efecto de la advección, influencia del viento y humedad relativa. Este coeficiente se obtiene de la Tabla 1, según sea el caso A ó B, presentado en la Figura 1. Es a dimensional.

**Tabla 1.** Coeficiente Ktan, en el caso de cubeta tipo a, para diferentes cubiertas y niveles de humedad media relativa y vientos durante las 24 horas. Grassi (1998).

| Humedad Relativa       | Caso A,<br>Tina rodeada de cubierta Verde (grama) |            |              |            | Caso B,<br>Tina rodeada de superficie desnuda (barbecho) |            |              |            |
|------------------------|---|------------|--------------|------------|--|------------|--------------|------------|
|                        |   | Baja < 40% | Media 40-70% | Alta > 70% |  | Baja < 40% | Media 40-70% | Alta > 70% |
| >                      |   |            |              |            |  |            |              |            |
| Velocidad del Viento ↓ | Distancia de la Cubierta Verde                    |            |              |            | Distancia de la Superficie Seca                          |            |              |            |
| Ligero (<2 m/s)        | 1   | 0,55       | 0,65         | 0,75       | 1  | 0,70       | 0,80         | 0,85       |
|                        | 10  | 0,65       | 0,75         | 0,85       | 10   | 0,60       | 0,70         | 0,80       |
|                        | 100   | 0,70       | 0,80         | 0,85       | 100  | 0,55       | 0,65         | 0,75       |
|                        | 1000  | 0,75       | 0,85         | 0,85       | 1000   | 0,50       | 0,60         | 0,70       |
| Moderado (2-5 m/s)     | 1   | 0,50       | 0,60         | 0,65       | 1  | 0,65       | 0,75         | 0,80       |
|                        | 10  | 0,60       | 0,70         | 0,75       | 10   | 0,55       | 0,65         | 0,70       |
|                        | 100   | 0,65       | 0,75         | 0,80       | 100  | 0,50       | 0,60         | 0,65       |
|                        | 1000  | 0,70       | 0,80         | 0,80       | 1000   | 0,45       | 0,55         | 0,60       |
| Fuerte (5-8 m/s)       | 1   | 0,45       | 0,50         | 0,60       | 1  | 0,60       | 0,65         | 0,70       |
|                        | 10  | 0,55       | 0,60         | 0,65       | 10   | 0,50       | 0,55         | 0,65       |
|                        | 100   | 0,60       | 0,65         | 0,70       | 100  | 0,45       | 0,50         | 0,60       |
|                        | 1000  | 0,65       | 0,70         | 0,75       | 1000   | 0,40       | 0,45         | 0,55       |
| Muy fuerte (> 8 m/s)   | 1   | 0,40       | 0,45         | 0,50       | 1  | 0,50       | 0,60         | 0,65       |
|                        | 10  | 0,45       | 0,55         | 0,60       | 10   | 0,45       | 0,50         | 0,55       |
|                        | 100   | 0,50       | 0,60         | 0,65       | 100  | 0,40       | 0,45         | 0,50       |
|                        | 1000  | 0,55       | 0,60         | 0,65       | 1000   | 0,35       | 0,40         | 0,45       |

En nuestro caso para vientos moderados (175-425 km/día); humedad relativa media (40-70%), cubierta verde 100m en la cubeta rodeada de cubierta verde baja (tipo A) asumimos en coeficiente de la tina (Ktan) de 0,75.

Las necesidades hídricas del cultivo de pepino "Etc", se calcula a partir del valor **Eto**, conociendo el coeficiente de cultivo específico en la zona (Kc), mediante la siguiente expresión:

$$Etc = Eto * Kc$$

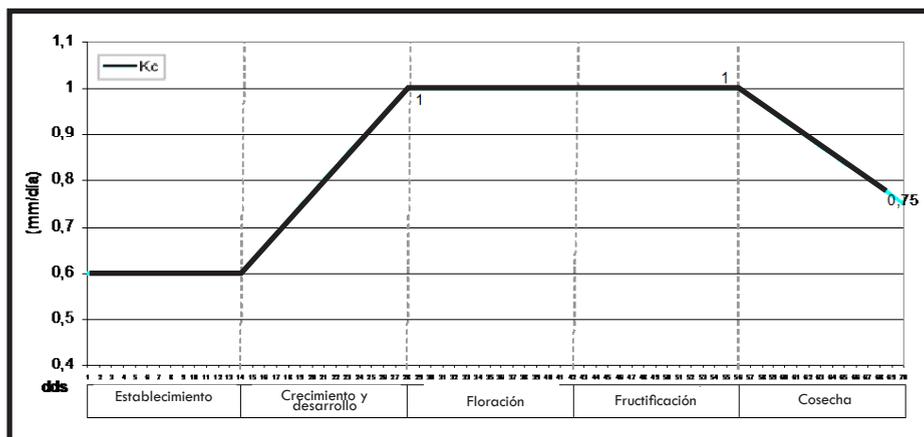
**Etc:** necesidades hídricas del cultivo (pepino) en mm/día

**Eto:** evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

**Kc:** es el coeficiente de cultivo (a dimensional). Su valor depende del cultivo (especie e incluso variedad), de su ciclo relativo, y de su fenología, así como de las condiciones específicas del cultivo en la explotación (densidad de población, orientación de las hileras de siembra, etc.) y de las condiciones climáticas locales. Por tanto, este coeficiente varía a lo largo del ciclo de cultivo, creciendo desde los valores mas bajos en el periodo inicial (siembra o trasplante) a lo largo de la fase de crecimiento vegetativo, alcanzando los valores mas altos en el periodo máximo desarrollo (máximo sombreado del suelo) y decreciendo en la maduración o senescencia. Los valores para las diferentes etapas fenológicas del pepino se pueden observar en la Tabla 2 y en la Figura 2.

**Tabla 2.** Valores de Kc para las diferentes etapas de cultivo de pepino. FAO (1976).

| Cultivo | Kc inicial | Kc medio | Kc final |
|---------|------------|----------|----------|
| Pepino  | 0,60       | 1,00     | 0,75     |



**Figura 2.** Valores de Kc asumidos en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

En las Tablas 3, 4, 5, 6 y 7 se presentan los valores de evaporación registrados durante todo el ciclo de cultivo del pepino, los cuales fueron divididos para fines de este trabajo en las siguientes etapas fenológicas: establecimiento (0-16 dds, Tabla 3); crecimiento y desarrollo (17-30 dds, Tabla 4); floración e inicio de fructificación (31-44 dds, Tabla 5); fructificación (45-58 dds, Tabla 6 y cosecha (59-70 dds, Tabla 7).

Estos valores fueron utilizados junto con el coeficiente de la tina ( $K_p$ ) y el coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) para estimar las necesidades hídricas del pepino (Etc), de acuerdo a las fórmulas establecidas para tal fin por FAO 56, citado por Trezza (2001):  $E_t = E(v) \times K_{tan}$  y  $E_{tc} = E_t \times K_c$ .

Los requerimientos hídricos totales del pepino ascendieron a 260 mm, durante todo el ciclo. Estos requerimientos fueron en aumento desde el establecimiento del cultivo hasta la fructificación, etapa donde se registró el máximo con 66,87 mm, para luego descender hasta 33,55 mm durante la etapa de cosecha. Estos resultados se pueden considerar lógicos porque en la medida que la planta aumenta su área foliar y su masa aérea hasta lograr la total cobertura de la superficie de siembra aumenta la transpiración y con ella las demandas de agua. Al final del ciclo, durante la cosecha, coincide con la etapa de senescencia del cultivo y en consecuencia descienden las demandas de agua.

**Tabla 3.** Evaporación (Ev) registrada, coeficiente de la tina ( $K_p$ ), evapotranspiración del cultivo en referencia (Eto), coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) y necesidades hídricas del pepino (Etc) durante la etapa de establecimiento del cultivo (0-16 dds).

| dds | Ev<br>(mm) | Ev<br>acum<br>(mm) | $K_p$ | $ET_o$<br>(mm/día) | Eto<br>Acum<br>(mm) | $K_c$ | $ET_c$<br>(mm/día) | Etc acum<br>(mm/día) |
|-----|------------|--------------------|-------|--------------------|---------------------|-------|--------------------|----------------------|
| 0   | 4,65       | 4,65               | 0,75  | 3,5                | 3,5                 | 0,6   | 2,09               | 2,09                 |
| 1   | 6,32       | 10,97              | 0,75  | 4,7                | 8,2                 | 0,6   | 2,84               | 4,94                 |
| 2   | 5,72       | 16,69              | 0,75  | 4,3                | 12,5                | 0,6   | 2,57               | 7,51                 |
| 3   | 4,62       | 21,31              | 0,75  | 3,5                | 16                  | 0,6   | 2,08               | 9,59                 |
| 4   | 5,66       | 26,97              | 0,75  | 4,2                | 20,2                | 0,6   | 2,55               | 12,14                |
| 5   | 6,16       | 33,13              | 0,75  | 4,6                | 24,8                | 0,6   | 2,77               | 14,91                |
| 6   | 5,67       | 38,8               | 0,75  | 4,3                | 29,1                | 0,6   | 2,55               | 17,46                |
| 7   | 5,25       | 44,05              | 0,75  | 3,9                | 33                  | 0,6   | 2,36               | 19,82                |
| 8   | 4,58       | 48,63              | 0,75  | 3,4                | 36,5                | 0,6   | 2,06               | 21,88                |
| 9   | 5,92       | 54,55              | 0,75  | 4,4                | 40,9                | 0,6   | 2,66               | 24,55                |
| 10  | 6,34       | 60,89              | 0,75  | 4,8                | 45,7                | 0,6   | 2,85               | 27,4                 |
| 11  | 5,25       | 66,14              | 0,75  | 3,9                | 49,6                | 0,6   | 2,36               | 29,76                |
| 12  | 6,68       | 72,82              | 0,75  | 5                  | 54,6                | 0,6   | 3,01               | 32,77                |
| 13  | 6,31       | 79,13              | 0,75  | 4,7                | 59,3                | 0,6   | 2,84               | 35,61                |
| 14  | 6          | 85,13              | 0,75  | 4,5                | 63,8                | 0,6   | 2,7                | 38,31                |
| 15  | 5,56       | 90,69              | 0,75  | 4,2                | 68                  | 0,63  | 2,62               | 40,93                |
| 16  | 4,5        | 95,19              | 0,75  | 3,4                | 71,4                | 0,66  | 2,22               | 43,15                |

**Tabla 4.** Evaporación (Ev) registrada, coeficiente de la tina (Kp), evapotranspiración del cultivo en referencia (Eto), coeficiente del cultivo (Kc) y necesidades hídricas del pepino (Etc) durante la etapa de crecimiento y desarrollo (17-30 dds).

| dds | Ev<br>(mm) | Ev acum<br>(mm) | KP   | ET <sub>o</sub><br>(mm/día) | Eto<br>Acum<br>(mm) | Kc   | ET <sub>c</sub><br>(mm/día) | Etc acum<br>(mm/día) |
|-----|------------|-----------------|------|-----------------------------|---------------------|------|-----------------------------|----------------------|
| 17  | 5,72       | 100,91          | 0,75 | 4,3                         | 75,7                | 0,69 | 2,94                        | 46,09                |
| 18  | 3,19       | 104,1           | 0,75 | 2,4                         | 78,1                | 0,71 | 1,71                        | 47,8                 |
| 19  | 4,63       | 108,73          | 0,75 | 3,5                         | 81,5                | 0,74 | 2,58                        | 50,38                |
| 20  | 6,96       | 115,69          | 0,75 | 5,2                         | 86,8                | 0,77 | 4,03                        | 54,4                 |
| 21  | 4,8        | 120,49          | 0,75 | 3,6                         | 90,4                | 0,8  | 2,88                        | 57,28                |
| 22  | 5,52       | 126,01          | 0,75 | 4,1                         | 94,5                | 0,83 | 3,43                        | 60,71                |
| 23  | 4,48       | 130,49          | 0,75 | 3,4                         | 97,9                | 0,86 | 2,88                        | 63,59                |
| 24  | 5,5        | 135,99          | 0,75 | 4,1                         | 102                 | 0,89 | 3,65                        | 67,25                |
| 25  | 4,36       | 140,35          | 0,75 | 3,3                         | 105,3               | 0,91 | 2,99                        | 70,24                |
| 26  | 5,02       | 145,37          | 0,75 | 3,8                         | 109                 | 0,94 | 3,55                        | 73,79                |
| 27  | 6,5        | 151,87          | 0,75 | 4,9                         | 113,9               | 0,97 | 4,74                        | 78,52                |
| 28  | 6,29       | 158,16          | 0,75 | 4,7                         | 118,6               | 1    | 4,72                        | 83,24                |
| 29  | 7,42       | 165,58          | 0,75 | 5,6                         | 124,2               | 1    | 5,57                        | 88,81                |
| 30  | 6,58       | 172,16          | 0,75 | 4,9                         | 129,1               | 1    | 4,94                        | 93,74                |

**Tabla 5.** Evaporación (Ev) registrada, coeficiente de la tina (Kp), evapotranspiración del cultivo en referencia (Eto), coeficiente del cultivo (Kc) y necesidades hídricas del pepino (Etc) durante la etapa de floración e inicio de la fructificación (31-44 dds).

| dds | Ev<br>(mm) | Ev acum<br>(mm) | KP   | ET <sub>o</sub><br>(mm/día) | Eto<br>Acum<br>(mm) | Kc | ET <sub>c</sub><br>(mm/día) | Etc acum<br>(mm/día) |
|-----|------------|-----------------|------|-----------------------------|---------------------|----|-----------------------------|----------------------|
| 31  | 5          | 177,16          | 0,75 | 3,8                         | 132,9               | 1  | 3,75                        | 97,49                |
| 32  | 5,48       | 182,64          | 0,75 | 4,1                         | 137                 | 1  | 4,11                        | 101,6                |
| 33  | 4,51       | 187,15          | 0,75 | 3,4                         | 140,4               | 1  | 3,38                        | 104,98               |
| 34  | 6,86       | 194,01          | 0,75 | 5,1                         | 145,5               | 1  | 5,15                        | 110,13               |
| 35  | 4,72       | 198,73          | 0,75 | 3,5                         | 149                 | 1  | 3,54                        | 113,67               |
| 36  | 5,86       | 204,59          | 0,75 | 4,4                         | 153,4               | 1  | 4,4                         | 118,06               |
| 37  | 2,4        | 206,99          | 0,75 | 1,8                         | 155,2               | 1  | 1,8                         | 119,86               |
| 38  | 3,18       | 210,17          | 0,75 | 2,4                         | 157,6               | 1  | 2,38                        | 122,25               |
| 39  | 5,68       | 215,85          | 0,75 | 4,3                         | 161,9               | 1  | 4,26                        | 126,51               |
| 40  | 5          | 220,85          | 0,75 | 3,8                         | 165,6               | 1  | 3,75                        | 130,26               |
| 41  | 5,59       | 226,44          | 0,75 | 4,2                         | 169,8               | 1  | 4,19                        | 134,45               |
| 42  | 5,61       | 232,05          | 0,75 | 4,2                         | 174                 | 1  | 4,21                        | 138,66               |
| 43  | 6,5        | 238,55          | 0,75 | 4,9                         | 178,9               | 1  | 4,88                        | 143,53               |
| 44  | 7,1        | 245,65          | 0,75 | 5,3                         | 184,2               | 1  | 5,33                        | 148,86               |

**Tabla 6.** Evaporación (Ev) registrada, coeficiente de la tina (Kp), evapotranspiración del cultivo en referencia (Eto), coeficiente del cultivo (Kc) y necesidades hídricas del pepino (Etc) durante la etapa de fructificación (45-58 dds).

| dds | Ev<br>(mm) | Ev<br>acum<br>(mm) | KP   | ET <sub>o</sub><br>(mm/día) | Eto<br>Acum<br>(mm) | Kc   | ET <sub>c</sub><br>(mm/día) | Etc acum<br>(mm/día) |
|-----|------------|--------------------|------|-----------------------------|---------------------|------|-----------------------------|----------------------|
| 45  | 6,74       | 252,39             | 0,75 | 5,1                         | 189,3               | 1    | 5,06                        | 153,91               |
| 46  | 7,32       | 259,71             | 0,75 | 5,5                         | 194,8               | 1    | 5,49                        | 159,4                |
| 47  | 5,7        | 265,41             | 0,75 | 4,3                         | 199,1               | 1    | 4,28                        | 163,68               |
| 48  | 9,15       | 274,56             | 0,75 | 6,9                         | 205,9               | 1    | 6,86                        | 170,54               |
| 49  | 7,57       | 282,13             | 0,75 | 5,7                         | 211,6               | 1    | 5,68                        | 176,22               |
| 50  | 4,12       | 286,25             | 0,75 | 3,1                         | 214,7               | 1    | 3,09                        | 179,31               |
| 51  | 5,76       | 292,01             | 0,75 | 4,3                         | 219                 | 1    | 4,32                        | 183,63               |
| 52  | 4,3        | 296,31             | 0,75 | 3,2                         | 222,2               | 1    | 3,23                        | 186,85               |
| 53  | 7,06       | 303,37             | 0,75 | 5,3                         | 227,5               | 1    | 5,3                         | 192,15               |
| 54  | 2,99       | 306,36             | 0,75 | 2,2                         | 229,8               | 1    | 2,24                        | 194,39               |
| 55  | 12,36      | 318,72             | 0,75 | 9,3                         | 239                 | 1    | 9,27                        | 203,66               |
| 56  | 4,42       | 323,14             | 0,75 | 3,3                         | 242,4               | 1    | 3,32                        | 206,98               |
| 57  | 5,72       | 328,86             | 0,75 | 4,3                         | 246,6               | 0,98 | 4,21                        | 211,19               |
| 58  | 6,28       | 335,14             | 0,75 | 4,7                         | 251,4               | 0,96 | 4,54                        | 215,73               |

**Tabla 7.** Evaporación (Ev) registrada, coeficiente de la tina (Kp), evapotranspiración del cultivo en referencia (Eto), coeficiente del cultivo (Kc) y necesidades hídricas del pepino (Etc) durante la etapa de cosecha (59-70 dds).

| dds | Ev<br>(mm) | Ev<br>acum<br>(mm) | KP   | ET <sub>o</sub><br>(mm/día) | Eto<br>Acum<br>(mm) | Kc   | ET <sub>c</sub><br>(mm/día) | Etc acum<br>(mm/día) |
|-----|------------|--------------------|------|-----------------------------|---------------------|------|-----------------------------|----------------------|
| 59  | 4,27       | 339,41             | 0,75 | 3,2                         | 254,6               | 0,95 | 3,03                        | 218,76               |
| 60  | 8,21       | 347,62             | 0,75 | 6,2                         | 260,7               | 0,93 | 5,72                        | 224,48               |
| 61  | 5,98       | 353,6              | 0,75 | 4,5                         | 265,2               | 0,91 | 4,08                        | 228,56               |
| 62  | 6,34       | 359,94             | 0,75 | 4,8                         | 270                 | 0,89 | 4,25                        | 232,81               |
| 63  | 5,1        | 365,04             | 0,75 | 3,8                         | 273,8               | 0,88 | 3,35                        | 236,16               |
| 64  | 4,88       | 369,92             | 0,75 | 3,7                         | 277,4               | 0,86 | 3,14                        | 239,29               |
| 65  | 3,86       | 373,78             | 0,75 | 2,9                         | 280,3               | 0,84 | 2,43                        | 241,72               |
| 66  | 4          | 377,78             | 0,75 | 3                           | 283,3               | 0,82 | 2,46                        | 244,19               |
| 67  | 4,56       | 382,34             | 0,75 | 3,4                         | 286,8               | 0,8  | 2,75                        | 246,94               |
| 68  | 8,5        | 390,84             | 0,75 | 6,4                         | 293,1               | 0,79 | 5,01                        | 251,95               |
| 69  | 5,73       | 396,57             | 0,75 | 4,3                         | 297,4               | 0,77 | 3,3                         | 255,25               |
| 70  | 7,17       | 403,74             | 0,75 | 5,4                         | 302,8               | 0,75 | 4,03                        | 259,28               |

Los requerimientos hídricos promedios del cultivo fueron de 3,65 mm/día, con un máximo de 4,8 mm/día durante la etapa de fructificación y la mínima 2,5 mm/día durante la etapa de establecimiento (**Tabla 8**).

**Tabla 8.** Necesidades hídricas del pepino (mm) en condiciones de San Juan de Lagunillas (promedio diario para las diferentes etapas del cultivo).

| Etapas fenológicas                   | Evapotranspiración (Eto) | Coefficiente de cultivo (Kc) | Necesidades hídricas (Etc) |
|--------------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Establecimiento                      | 4,2                      | 0,6                          | 2,5                        |
| Crecimiento y desarrollo             | 4,1                      | 0,9                          | 3,7                        |
| Floración e inicio de fructificación | 3,9                      | 1,0                          | 3,9                        |
| Fructificación                       | 4,8                      | 1,0                          | 4,8                        |
| Cosecha                              | 4,3                      | 0,8                          | 3,4                        |
| Promedio                             | 4,26                     | 0,86                         | 3,65                       |

Estos valores obtenidos, reflejan la gran influencia del clima sobre las necesidades hídricas del cultivo durante el lapso de tiempo que duró el presente trabajo de campo, reflejando la alta capacidad evaporativa de la atmósfera. Los requerimientos promedios de 3,65 mm/día indican que las plantas requieren por día de 1,28 litros planta en términos promedio. Estos valores concuerdan con los reportados por COJAP (1991) afirma que el pepino es mas exigente en agua que el tomate. En condiciones tropicales necesita de 1 a 2,5 litros/planta día. El primer valor corresponde a los primeros días después del trasplante y el valor superior, a las etapas del máximo desarrollo cultivo.

## CONCLUSIONES.

1. El cultivo de pepino tiene un ciclo productivo muy rápido bajo las condiciones de la localidad de San Juan de Lagunillas.

2. Las necesidades hídricas del cultivo durante su ciclo productivo fueron de 250 mm, con un valor promedio de 3,65 mm/día lo que equivale a 1,28 litros planta día en términos promedio, o a 36 m<sup>3</sup>/ha.
3. La etapa fenológica con mayores necesidades hídricas fue la de fructificación (45-58 dds).
4. La alta capacidad evaporante de la atmósfera y los bajos aportes de humedad al suelo por las lluvias durante el desarrollo del cultivo, hicieron necesarios el uso de riego durante la fase del cultivo para satisfacer su necesidad de hídrico.

### **RECOMENDACIONES.**

1. En vista de la escasez de agua en la zona para producción agrícola, se hace necesario conducir trabajos de campo que permitan determinar la cantidad mínima de los requerimientos hídricos a satisfacer por día en el cultivo de pepino, sin que este afecte significativamente a su producción.
2. Realizar trabajos de investigación que permitan la determinación del Kc del cultivo de pepino, en tiempo real en el campo, para las condiciones de San Juan de Lagunillas y así poder determinar las necesidades hídricas con mayor precisión.
3. Realizar experiencias similares durante otras épocas del año en el cultivo de pepino.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- Albarracín, M. (1985). Melón, patilla y pepino. Fundación para el agricultor. Serie Petróleo y agricultura N. 7 – 31p.
- Allen, R.G; L.S. Pereira; D. Raes, M. Smith. (1998) Crop. Evapotranspiración-Guidelines For Computing Crop. Wáter Requerements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56 FAO. Food and agricultura Organization Of The United Nations.
- Blaney, H. F. y W. D. Criddle (1950). Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. U.S. Department of Agriculture. Soil Conservation Service, Technical Paper 96. Washington. E.E.U.U.

- Castañon, G. (2000). *Ingeniería del Riego – Utilización Racional del Agua*. Editorial Paraninfo. Madrid. España
- Coljap. (1991). *Industria Agroquímica Colombo Japonesa S.A. Cultivos Hidropónicos Santa Fé de Bogotá*. Colombia.
- Doorembos, J. y W. O. Pruitt (1976). *Las necesidades de agua de los cultivos*. Documento FAO: Riego y Drenaje N° 24.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Departamento Económico y Social. *La Dirección de Estadística*. 2006. 20 países con mayor producción de pepino y pepinillos datos de varios años.
- Grassi, C. J. (1964). *Estimation of evapotranspiration from climate formulas*. Master of Science Thesis. Utah State University Library. Logan, Utah (unpublished).
- Grassi, C. (1998). *Fundamentos de riego*. Centro intercambio de desarrollo e investigación ambiental y territorial-CIDIAT. Mérida-Venezuela.
- Guenkov, G. (1974). *Fundamentos de la Horticultura Cubana* Editorial Organismo Instituto Cubano del libro, La Habana Cuba.
- Guzmán, M. (2004). *Fertirrigación, Población Agua, Suelo y fertilizante*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Almería, España.
- Hargreaves, G. H. y Z. A. Samani (1985). *Reference crop evapotranspiration from temperature*. Applied Engineering in Agriculture, ASAE 1(2) 96-99.
- Jensen, M. E. y H. R. Haise (1962). *Estimating evapotranspiration from solar radiation*. A preliminary report. Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture (unpublished).
- Malagon, C. D. (1979). *Mineralogía, Micro morfología y bienes de los principales suelos en la topo secuencia (T1-T4) Rio Chama – San Juan de Lagunillas*. Estado Mérida RD-25. CIDIAT-Mérida.
- Mavarez (1997). *Necesidades hídricas de los cultivos sembrados en el valle de Quibor*. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia.
- Ochoa, G. G. y J. Oballes, S. (2006). *Diccionario de Suelos*. Concejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

- Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London, 193:120-145.
- Rodríguez, L. A. A. (2007). Aporte de nutrientes mediante fertirriego durante diferentes etapas del ciclo de pepino (*Cucumis Sativus* L.) en condiciones de San Juan de Lagunillas estado Mérida. Centro Interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial. Universidad de los Andes – Mérida.
- Soil Survey Staff (1975). Soil Taxonomy. Agric. Handbook 436. Soil Cons. Serv. USDA.
- Steegmayer, P. (1977). Resumen del Soil Taxonomy. Documento preparado y traducido por P. Steegmayer. MARNR-Venezuela.
- Trezza, R. (2001). Métodos Actualizados para la estimación de la evapotranspiración de los cultivos: Teoría y aplicaciones Núcleo Universitario Rafael Rangel. ULA – Trujillo – Venezuela.
- Turk, L. (1954). Le bilan d'eau des sols. Relations entre les précipitations l'évaporation et l'écoulement. Ann Agron. 6:5-131.