

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**BALANCE HÍDRICO DE SUELOS AGRICOLAS DE RIEGO
Y HUMEDAD RESIDUAL**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO
DE ÁREAS DE TEMPORAL**

**PRESENTA
ING. NICOLAS ANTONIO FLORES CASILLAS**

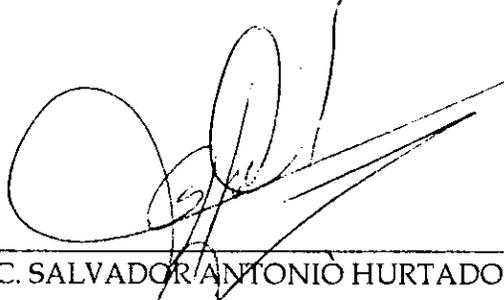
ZAPOPAN, JALISCO. DICIEMBRE DE 2000.

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR QUE A CONTINUACIÓN SE MENCIONA, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE ÁREAS DE TEMPORAL

COMITÉ PARTICULAR

DIRECTOR: 
M.C. RICARDO NUÑO ROMERO

ASESOR: 
M.C. SALVADOR ANTONIO HURTADO DE LA PEÑA

ASESOR: 
M.C. ANTONIO ALVAREZ GONZALEZ

ZAPOPAN, JALISCO, DICIEMBRE DE 2000

And
135095

ESTA TESIS FUE EXAMINADA Y APROBADA POR EL JURADO DESIGNADO POR LA COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:

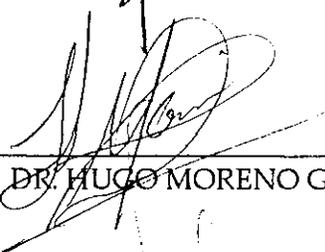
MAESTRO EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE ÁREAS DE TEMPORAL

JURADO DESIGNADO

PRESIDENTE: 
M.C. RICARDO NUÑO ROMERO

SECRETARIO: 
M.C. SALVADOR ANTONIO HURTADO DE LA PEÑA

VOCAL: 
M.C. ANTONIO ÁLVAREZ GONZALEZ

VOCAL: 
DR. HUGO MORENO GARCÍA

VOCAL: 
M en A. ROGELIO HUERTA ROSAS

ZAPOPAN, JALISCO, DICIEMBRE DE 2000

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Ricardo Nuño Romero, Compañero, Maestro y Amigo, por su apoyo incondicional como tutor en los estudios de Posgrado y en la dirección y feliz término del presente trabajo.

Al M.C. Salvador Antonio Hurtado de la Peña, por su amistad como profesor y siempre entusiasta disposición en pro del trabajo.

Al M.C. Antonio Álvarez González por su sencillez que lo distingue como ejemplo digno de maestro y amigo, así como por su decidida disposición en la asesoría del presente trabajo.

Al DR. Hugo Moreno García por su amistad y valiosas aportaciones al presente trabajo.

Al M en A. Rogelio Huerta Rosas por su decidida participación y valiosas observaciones en la mejora del presente trabajo.

Al ING. Ignacio Gutiérrez Hernández, amigo y compañero de trabajo, por su decidido apoyo y facilidades brindadas para la obtención del presente Grado Académico.

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (D.G.E.T.A.) y al COSNET por su apoyo y facilidades prestadas para la realización de los estudios de Maestría.

A la Universidad de Guadalajara por seguirme brindando la oportunidad de superación profesional.

DEDICATORIA

A Dios, por darme un mundo de oportunidades, ya que sin su voluntad nada se mueve.

A mis Padres: Antonio y Juanita, a quienes debo mi existencia.

A mi Esposa: Angélica, por su amor, apoyo y comprensión incondicional.

A mis hijas: Angélica, Elizabeth y Berenice, por su cariño, apoyo y paciencia.

INDICE

	Pág.
INDICE DE FIGURAS	i
INDICE DE CUADROS	ii
RESUMEN	iii
I.- INTRODUCCION	1
II.- REVISION DE LITERATURA	2
1.- Humedad del suelo y su medición	2
2.- Balance de Humedad	5
3.- Evapotranspiración	9
4.- Precipitación efectiva	16
5.- Riego	18
III.- OBJETIVOS E HIPOTESIS	22
IV.- MATERIALES Y METODOS	23
1.- Lugar del trabajo de campo	23
2.- Equipo utilizado	24
3.- Cultivos	25
3.1 Fenología de los cultivos	25
3.2 Información agroclimatológica	26
4.- Descripción de los experimentos	26
4.1 Trabajo de campo	26
4.2 Determinación de la humedad del suelo	27
5.- Cálculo del Balance de Humedad	27

	Pág.
V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
VI.- CONCLUSIONES	58
VII.- BIBLIOGRAFIA	59
VIII.- ANEXOS	63

INDICE DE FIGURAS

Figura.	pág.
1. Temperaturas máximas y mínimas durante la estación de crecimiento de trigo, enero a mayo de 1994 en Ocotlán, Jal.	31
2. Temperaturas máximas y mínimas durante la estación de crecimiento de trigo, enero a mayo de 1995 en Ocotlán, Jal.	32
3. Temperaturas máximas y mínimas durante la estación de crecimiento de maíz, mayo a octubre de 1994 en Zapopan, Jal .	33
4. Contenido de humedad del suelo a la profundidad de 0 - 15 cm en Ocotlán, Jal. 1994.	34
5. Contenido de humedad del suelo a una profundidad de 15 - 30 cm en Ocotlán, Jal. 1994.	35
6. Contenido de humedad del suelo a una profundidad de 30 - 45 cm en Ocotlán, Jal. 1994.	37
7. Contenido de humedad del suelo a la profundidad de 45 - 60 cm en Ocotlán, Jal 1994.	38
8. Contenido de humedad del suelo a una profundidad de 60 - 75 cm en Ocotlán, Jal. 1994.	39
9. Comportamiento de la humedad del suelo a una profundidad de 75 - 90 cm en Ocotlán, Jal. 1994.	40
10. Contenido de humedad del suelo a una profundidad de 0 - 15 cm en Ocotlán, Jal. 1995.	41
14. Contenido de humedad del suelo a una profundidad de 60 - 75 cm en Ocotlán, Jal. 1995.	42
15. Comparación de promedios del contenido de humedad del suelo a una profundidad de 0 - 90 cm en Zapopan, Jal. 1994.	43
18. Comparación del contenido de humedad del suelo a una profundidad de 0 - 15 cm en Zapopan, Jal. 1994.	45
24. Reserva de agua en el suelo medida y calculada por el Balance de Humedad de la FAO en Ocotlán, Jal. 1994.	46

Figura	pág.
25. Reserva de agua en el suelo medida y calculada por el Balance de Humedad de la FAO en Ocotlán, Jal. 1995.	47
26. Lámina disponible por etapas en Ocotlán, Jal. en 1994.	52
27. Lámina disponible por etapas en Ocotlán, Jal. en 1995.	53

INDICE DE CUADROS

Cuadro	pág.
1. Estimación del balance de humedad (Método de la FAO) Balance 1994 Ocotlán, Jal.	48
2. Estimación del balance de humedad (Método de la FAO) Balance 1995 Ocotlán, Jal.	49
3. Prueba de regresión lineal para contrastar las pendientes de secado del suelo para los dos subciclos de siembra 94 y 95 en el cultivo de trigo en Ocotlán, Jal.	51

RESUMEN

Para una adecuada productividad agrícola se hace necesaria la caracterización del potencial agroclimático de una región determinada, por lo que mediante la obtención de índices de sequía y de excesos de humedad de los suelos será posible conocer las necesidades de agua de los cultivos.

El objetivo medular del presente trabajo pretende relacionar el aporte de agua con la capacidad de almacenamiento del suelo para su posterior disponibilidad hacia los cultivos, esto será posible determinarlo utilizando dos procedimientos distintos que permitirán además hacer una comparación entre ellos, dichos procedimientos son el Balance de Humedad por el método gravimétrico y el método de la FAO.

La presente investigación se llevo a cabo en la localidad de Ocotlán, Jal., en terrenos bajo régimen de riego sembrados con trigo, durante los subciclos de invierno 1993/1994 y 1994/1995; y en la localidad de Zapopan, Jal., en terrenos de humedad residual sembrados con maíz, en el subciclo primavera – verano 1994.

En ambas localidades se procedió a realizar periódicamente muestreos del suelo en estratos de 15 en 15 cm de profundidad hasta un total de 90 cm. Dichas muestras fueron procesadas en el laboratorio para determinar mediante el cálculo el porcentaje de humedad disponible dentro de cada estrato, durante todo el desarrollo fenológico de los cultivos. A su vez estas determinaciones permitieron conocer el momento oportuno del riego para los cultivos bajo este régimen y en el caso de los cultivos bajo régimen de temporal, su abasto de humedad por efectos de la lluvia.

A su vez también se registraron las temperaturas máximas y mínimas que predominaron en el ambiente durante toda la estación de crecimiento y desarrollo completo de los cultivos.

Entre los resultados se pudo apreciar que la distribución de la temperatura máxima y mínima en la localidad de Ocotlán, Jal. para el cultivo de trigo fue la adecuada dentro de los dos ciclos manteniéndose en un rango de 3 a 6 °C como mínima y de 34 a 35 °C como máxima. Lo mismo sucedió en la localidad de Zapopan, Jal. en donde su rango fue de 7 °C como mínima y 33 °C como máxima.

Como prioridad del presente trabajo fue la determinación del comportamiento de la humedad del suelo en las dos localidades mencionadas, por lo que los resultados arrojaron que dentro de los primeros 45 cm de profundidad el abatimiento de dicha humedad fue muy notoria; esto debido a su contacto con las condiciones ambientales y con la zona de mayor distribución del desarrollo radicular de los cultivos. Pero en los estratos de 60 – 90 cm de profundidad el porcentaje de humedad disponible se mantuvo siempre a capacidad de campo para ambos casos.

En cuanto a los resultados del balance de humedad calculado por el método FAO y el medido gravimétricamente para los subciclos 1993/1994 y 1994/1995 en la localidad de Ocotlán, Jal., se obtuvo que el contenido de humedad calculado por el método FAO hace una consideración mayor de la reserva de humedad para las etapas de inicio y desarrollo del cultivo, comparado con el gravimétrico; pero en las etapas siguientes de floración y llenado de grano, estima una reserva menor.

El resultado numérico del balance aplicado para el cultivo de trigo en Ocotlán, Jal. en el subciclo 1993/1994 origino un valor de Etp de 430.92 mm para todo su ciclo fenológico y un requerimiento de agua (Wr) de 343.92 mm; algo similar fue el resultado para el subciclo 1994/1995 cuyos valores son una Etp = 461.34 mm y un Wr = 362.58 mm. Estos valores quedan comprendidos dentro del rango de los requerimientos considerados para granos pequeños que oscilan de 300 a 450 mm.

El resultado que arrojó la prueba de diferencias entre dos regresiones independientes, con la relación entre el comportamiento de las pendientes de lámina de humedad disponible y días después del riego para cada una de las etapas fenológicas en función del tiempo para el cultivo de trigo en Ocotlán, Jal. comparando respectivamente las etapas semejantes de los dos subciclos, muestran que existe una alta significancia para las etapas iniciales y de floración; resultando no significativas para las etapas de desarrollo y llenado de grano.

Para el caso del cultivo de maíz en Zapopan, Jal. se realizaron únicamente determinaciones del contenido de humedad durante todo su ciclo fenológico, mediante el método gravimétrico. En base a los resultados se puede decir que la mayor parte del desarrollo fenológico del cultivo se encontró con un buen abasto de humedad.

Finalmente, entre las conclusiones a las que se llegaron destacan las siguientes: 1) Es muy importante tener siempre un estimador de las condiciones de abatimiento hídrico de los suelos, bajo cualquier condición de cultivo, ya sea de temporal o de riego. Esta información es indispensable para poder tomar decisiones tales como la aplicación del riego, la aplicación de fertilizantes y la determinación de tiempo de cosecha. 2) Es más importante el balance de humedad, que la lámina de agua o la precipitación, ya que éste nos proporciona con mayor certeza el contenido de humedad en el suelo disponible para el cultivo. 3) Dejar de suministrar un riego o dejar que el suelo pierda mucha humedad tiene efectos negativos en el rendimiento de los cultivos; al igual que tener deficiencias de precipitación en las áreas de temporal. 4) El método FAO mostró diferencias comparado con el gravimétrico, en las etapas de iniciación y desarrollo, el método FAO subestima el contenido de humedad y en las etapas finales se muestra conservador. Por lo que el procedimiento gravimétrico mostró lo contrario.