

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**

**FUNCION DE PRODUCCIÓN EN RIEGO DEL BALLICO ANUAL**  
*(Lolium multiflorum Lam)*

**TESIS  
QUE PRESENTA**

**ALFREDO RAMIREZ BRAVO**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
TITULO DE:**

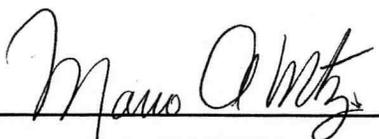
**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION**

TESIS QUE SOMETE A LA CONSIDERACION  
DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO  
ESPECIALIDAD EN IRRIGACION

APROBADA POR EL COMITE DE TESIS

PRESIDENTE DEL JURADO

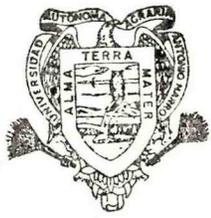


ING. MARIO A. MARTINEZ DELGADO

COORDINADOR DE LA DIVISION DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS



ING. VICTOR MARTINEZ CUETO



COORDINACION DE LA DIVISION  
DE CARRERAS AGRONOMICAS  
UAAAN UL

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**FUNCION DE PRODUCCION EN RIEGO DEL BALLICO ANUAL  
(Lolium multiflorum Lam)**

**POR:**

**ALFREDO RAMIREZ BRAVO**

**PRESIDENTE DEL JURADO**



ING. MARIO A. MARTINEZ DELGADO

**VOCAL**

---

M.C. ERNESTO LUNA DAVILA

**VOCAL**



M.C. JOSE GUADALUPE GONZALEZ QUIRINO

**VOCAL**

---



M.C. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA

TORREON, COAH.

OCTUBRE, 1999

# CONTENIDO

	PAGINA
DEDICATORIAS .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
INDICE DE CUADROS .....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	v
I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVO .....	4
III. HIPOTESIS .....	4
IV. METAS .....	4
V. REVISION DE LITERATURA .....	5
VI. MATERIALES Y METODOS .....	12
6.1. Materiales .....	12
6.1.1. Localización .....	12
6.1.2. Localización del sitio experimental .....	13
6.1.3. Clima .....	14
6.1.3.1. Temperatura .....	14
6.1.3.2. Precipitación .....	15
6.1.3.3. Humedad relativa .....	15
6.1.4. Suelo .....	16
6.1.4.1. Características físicas del suelo .....	16
6.1.4.2. Características químicas del suelo .....	18
6.1.4.3. Carácterísticas agronómicas .....	19
6.2. Métodos .....	19
6.2.1. Cultivo .....	19
6.2.1.1. Preparación del terreno .....	19

6.2.1.2. Levantamiento topográfico . . . . .	20
6.2.1.3. Fecha y densidad de siembra . . . . .	20
6.2.1.4. Fertilización . . . . .	21
6.2.2. Metodología empleada . . . . .	21
6.2.3. Diseño estadístico . . . . .	21
6.2.4. Parámetros del suelo . . . . .	23
6.2.5. Mediciones en las plantas . . . . .	26
6.2.6. Factores del clima . . . . .	28
VII. RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	29
VIII. CONCLUSIONES . . . . .	41
IX. RECOMENDACIONES . . . . .	43
X. BIBLIOGRAFIA . . . . .	44

## DEDICATORIAS

A Dios:

Quien es mi guía, desde el día  
que nací, quien me acompaña  
en todo momento, en quien  
confío ciegamente aun en mis  
momentos más difíciles y con quien  
aprendí que cuando veo un solo par  
de huellas son de Él, pues estoy en sus brazos.

A mi esposa y a mis hijos:

Ella, a quien amo por su cariño y  
comprensión. Ellos, mi inspiración  
por ser mejor cada día Gracias:  
Ana Valentina, Jorge Alberto,  
Alfredo Martín y Ana Valeria.

A mis padres y hermanos:

Alicia y Alfredo, Caty, Adriana,  
Verónica, Leonor. Martín, Liliana,  
Mariana y Julio, a todos los quiero  
mucho.

A mi hermana Caty:

Quien siempre ha confiado en mi y  
por quien gracias a su apoyo y aliento  
soy lo que soy.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Mario A. Martínez Delgado, por su apoyo incondicional, asesoría, consejos y lo principal, su amistad.

Al CENTRO EXPERIMENTAL LA LAGUNA, por darme la oportunidad de realizar este proyecto en sus instalaciones.

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna, por la formación académica que me permitió ser un profesionalista.

A los maestros, quienes transmitieron sus conocimientos a mi persona.

A mis compañeros de generación: Arturo, Abel, Aurelio, Alfredo, Carlos, Martín y Paty.

A la Sra. Carmen Castro y a mi hermana Adriana por su valiosa ayuda.

A la Lic. Luz Elena Martínez G., por la valiosa ayuda proporcionada, por sus consejos y sugerencias, muchas gracias.

A todas y cada una de las personas que tuvieron algo que ver a lo largo de mi formación profesional

# INDICE DE CUADROS

	PAGINA
1. Características físicas del área experimental . . . . .	17
2. Características químicas del área experimental . . . . .	18
3. Calendario de riegos por tratamiento . . . . .	25
4. Información climatológica de precipitación y evaporación durante el ciclo del ballico . . . . .	30
5. Valores máximos de $K_c$ y fecha en que se presentaron . . . . .	34
6. Producción del ballico anual ( $Kg/m^2$ ) bajo seis calendarios de riego	35
7. Lámina consumida y aplicada, número de riegos, materia seca total por tratamientos en dos repeticiones . . . . .	38

# INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
1. Croquis del área experimental . . . . .	22
2. Información climatológica de la evaporación y la precipitación durante el ciclo del ballico . . . . .	32
3. Variación del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para los seis tratamientos de riego en el ballico . . . . .	36
4. Relación entre la materia seca total y la evapotranspiración . . . . .	39
5. Relación entre la materia seca total y la evapotranspiración . . . . .	40

## RESUMEN

Este trabajo se realizó en el CENTRO EXPERIMENTAL LA LAGUNA (CELALA), como parte de un proyecto en el uso y manejo del agua, el cual tiene como objetivo establecer relaciones entre el agua que consumen los cultivos y la materia seca que producen, con el fin de compararlos entre ellos en base a su eficiencia en el uso del agua y seleccionar las mejores opciones de manejo.

Los tratamientos que se manejaron fueron seis calendarios de riego con diferentes intervalos, el experimento se condujo en un diseño en bloques al azar, las variables de respuesta fueron, la materia verde y seca por períodos, y el consumo de agua total medido indirectamente con el dispersor de neutrones. Se contabilizó la materia seca y se realizó un balance hídrico con el fin de conocer las aportaciones de agua en cada tratamiento (riego y precipitación) y las salidas de los mismos (evapotranspiración).

El consumo de agua en el ciclo para los diferentes tratamientos varió de 650 a 835 mm y la materia seca de 10 a 12.5 ton por hectárea, la máxima demanda de agua se estableció a los 86 días con un coeficiente de cultivo máximo de 1.04 a 1.49, la función de producción obtenida se representó por el modelo lineal  $y = 0.037 + 1.49 X$ , con un coeficiente de determinación de 0.99.

# I. INTRODUCCION

La producción agrícola es el resultado de la interacción de varios factores y uno de los más importantes en zonas áridas y semiáridas es el agua de riego.

De los 196 millones de hectáreas con que cuenta el territorio nacional el 63%, lo forman zonas áridas, cuya producción no es factible sin el riego. Es en este tipo de zonas donde existe la mayor cantidad de ganado por facilitarse su manejo, adaptación del mismo y por estar ubicados en éstas áreas los más grandes centros de consumo de productos de origen animal.

Por lo anterior la demanda de forrajes en éstos lugares es alta, no pudiendo satisfacerse en algunas épocas del año, por la deficiencia de agua existente.

El ballico anual es un cultivo importante en la Región Lagunera, debido a la superficie que se siembra, al volumen de forraje que representa y a la calidad que éste tiene como fuente de carbohidratos y proteínas. Además de ser un cultivo que interviene en forma significativa en los diferentes patrones de cultivos y una magnífica alternativa para la alimentación invernal del ganado lechero.

La trascendencia que tiene el obtener la relación entre materia seca y el agua que consume el ballico anual, es que permite comparar cultivos que tienen el mismo hábito (anuales de invierno) y definir la mejor opción de acuerdo a los cultivos que deben integrar el patrón. Sin embargo, no es tarea fácil de obtener éstas relaciones en cultivos de cortes múltiples, debido a que con respecto a la planta se desconocen algunos aspectos de su fenología y por otra parte que el manejo influye notablemente en el comportamiento del cultivo y en las relaciones que de éste se obtengan.

La estrategia de aplicar riegos entre cortes presenta algunas ventajas como son: recuperación y rebrote después del corte, producción de materia seca secuencial, longevidad del cultivo. Así, como algunas desventajas; rangos pequeños de consumo de agua entre cortes, respuesta diferente en cada intervalo de acuerdo a la influencia de otros factores los cuales afectan el desarrollo de la planta como (plagas y enfermedades) desconocimiento de las etapas en las cuales se aplican los riegos, sólo se obtiene parte de las funciones cuando no se deja de regar por cortes o en total.

Por otro lado si se sigue el desarrollo del cultivo hasta sus fases reproductivas presenta las mismas perspectivas que la estrategia anterior; se obtiene la fenología del cultivo, una curva de consumo de agua con la cual, se cumple con el objetivo del trabajo, que es la producción de biomasa y no de

semilla. Sin embargo, lo más indicado sería utilizar una estrategia combinada en la cual se obtuviera por un lado la curva de consumo bajo cierto manejo (cortes) y otra en la cual se seguirá cronológicamente el desarrollo del cultivo hasta su fase final.

## **II. OBJETIVOS**

- Obtener la función de respuesta del uso del agua por el cultivo tomando como base la lámina de riego consumida.
- Establecer la fenología del cultivo.
- Determinar si se obtiene funciones por cortes o en totales.

## **III. HIPOTESIS**

La eficiencia de uso de agua en el ballico anual, es igual bajo cualquier nivel de estrés, lo único que varía es el nivel de producción.

## **IV. METAS**

En dos años contar con una función de producción que nos permita predecir niveles de rendimiento, así como el uso óptimo del recurso agua de acuerdo a su disponibilidad en las áreas forrajeras de la región.

## V. REVISION DE LITERATURA

Heady y Dillan (6) citan a Van Lieving en 1961 como el iniciador en la concepción de una función de producción, aunque éste no propuso modelo alguno. Estos investigadores hacen una revisión bastante completa de los tipos de funciones más utilizadas, las cuales presentan en forma resumida, aunque introduciendo una notación más formal del valor esperado:  $E(Y)$ ; concibiendo el modelo empírico como modelo estadístico. De ésta manera los modelos más utilizados son: Lineal, Mitscherlich, Cobb Douglas; polinomial cuadrático y presentan como conclusión acerca de éstos modelos que cada uno tiene su lugar de uso, es decir, donde representan mejor las condiciones del mundo real.

Dan Yaron (15) en 1971, estimó el uso del agua en la producción de los cultivos, desde hace varios años apoya con bases la teoría de la variabilidad del rendimiento como resultado de la variabilidad del régimen de humedad del suelo.

Stewart y Hagan (12) en 1972 consignan que es muy útil conocer las funciones de producción para los cultivos más importantes de una región para poder hacer una planeación mejor de los recursos hidráulicos e incrementar la eficiencia en el uso del agua.

Las funciones de producción, las cuales relacionan condiciones climatológicas, además del suelo, planta y manejo del agua proporcionan los conocimientos básicos sobre los cuales se pueden fincar modelos de producción reales.

Hagan (5) en 1973, establece que las funciones de producción que sean desarrolladas, son útiles como herramientas para ubicar o conocer algunos tipos que pudieran ser los siguientes:

- a) Planeación del uso óptimo del agua en lugares que tengan limitación de este recurso.
- b) Simular los efectos de diferentes programas de manejo del agua en la producción de los cultivos.
- c) Distribución del agua para uso agrícola comparada con otros usos.
- d) Planeación de sistemas de producción para maximizar la producción agrícola en áreas con baja disponibilidad de agua de riego o que sean dependientes del agua de lluvia.

La predicción de la producción de un cultivo está basada totalmente en la función que relaciona la producción del cultivo y el agua a tres diferentes niveles, los cuales son los siguientes:

- a) Relación de la producción de materia seca contra transpiración.

- b) Relaciones de campo entre la producción del cultivo y la evapotranspiración.
- c) Producción del cultivo y agua aplicada.

De tal forma que la optimización del manejo del agua esta basada en la determinación de:

Respuesta de los cultivos a diferencias de agua en diferentes periodos de crecimiento y la transformación del agua suministrada de diferentes fuentes (agua del suelo, lluvia, riegos, etc.), en evapotranspiración (Et) por el cultivo considerando sus características de desarrollo vegetativo y radicular, evaporación del suelo, capacidad de retención del mismo, etc.

Stewart, et al (13) en 1977 en un informe presentado en forma conjunta de varios estados de la Unión Americana, presentan una metodología relativamente fácil de realizar en el campo, para la obtención de respuesta en el rendimiento debido a la variación en la aplicación de láminas de agua; además de probar modelos específicos de decremento de los rendimientos por "castigos" incluidos en alguna etapa fenológica del cultivo, de esta manera proponen los modelos de Stewart y el de Hall y Butcher.

Veihmeyer y Hendrickson (14) en 1977 sustentan la tesis de que la disponibilidad del agua en el suelo para las plantas es uniforme entre el rango

de capacidad de campo y porcentaje de marchitamiento permanente y ésta es teóricamente termodinámicamente, la verdad es que la velocidad con la cual las plantas pueden extraer el agua del suelo disminuye conforme el suelo se va secando, hasta que llega un momento en que la velocidad media de extracción de agua por las raíces es menor que la velocidad de pérdida de agua por transpiración, lo cual produce una alteración en los procesos metabólicos.

En un trabajo que se llevó a cabo en el Distrito de Riego No. 014 (9) Mexicali, B. C. N. en 1974, con ballico anual sometiéndolo a cuatro niveles de humedad aprovechable residual en la capa 0-30 cm al momento del riego (10, 25, 40 y 55%) y tres niveles de fertilización nitrogenada (100, 150 y 200 kg./ha) en un suelo arcilloso y en condiciones salinas, se indicó que el cultivo produce más al someterlo a un régimen de humedad en el suelo correspondiente a 25% de humedad aprovechable, equivalente a 7.4 atmósferas de esfuerzo de humedad en el suelo. En ese mismo lugar se señaló que el cultivo tiene una respuesta lineal positiva respecto a los niveles de humedad aprovechable residual al momento del riego; en este caso se encontró una mayor producción regando al 40%, equivalente a una tensión de esfuerzo de humedad en el suelo de 5.7 atmósferas.

Rodríguez (11) en 1977 al trabajar con ballico asociado con avena forrajera en tres métodos de riego (aspersión, corrugación y melga) y someter a

la asociación a tres regímenes de humedad en el suelo por método de riego: aspersión (riego cada tercer día y cada 72 horas y aplicación del 70% de la evaporación registrada en tres días), corrugación y melga (1.3, 2.3 y 4.0 atm. en la capa 0-30 cm de suelo), señaló lo siguiente:

- Producción de forraje seco en ton/ha los métodos de riego por superficie (corrugación y melga) la respuesta es cuadrática negativa, con un ligero incremento de producción de 2.3 a 4 atms, mientras que para ton/m<sup>3</sup> de agua utilizada se obtiene el mismo rendimiento independientemente del régimen de humedad al que se encuentre sometido el cultivo.
- De los tres métodos de riego, el de aspersión resultó con mejores producciones, debiéndose al microclima generado al cultivo por el método de la aplicación del agua.
- No hubo diferencia estadística entre los métodos de riego superficial.

Obregón (8) en 1978, al trabajar con ballico anual y someterlo a tres regímenes de humedad en el suelo en la capa 0-30 cm (1, 5 y 9 atm) y tres métodos de riego (melga, corrugaciones y aspersión) en un suelo migajón arcilloso y evaluando los efectos de los factores en estudio en producción de

forraje verde en ton/ha y ton/m<sup>3</sup> (toneladas por millar de metro cúbico) de agua utilizada, al concluir su trabajo asentó lo siguiente:

- En el método de riego por aspersión el cultivo tiene una respuesta lineal negativa respecto a regímenes de humedad en el suelo, tanto para ton/ha como para ton/m<sup>3</sup> mientras que en los métodos de riego por superficie (melga y corrugación), la respuesta es cuadrática negativa, con un ligero incremento de rendimiento de 5 a 9 atm.
- Tanto para ton/ha como para ton/m<sup>3</sup> el método de riego por melgas resultó con mayores valores.
- De los tres métodos de riego, el que resultó ser menos eficiente respecto a producción y ton/m<sup>3</sup> del cultivo resultó ser el de aspersión, posiblemente se deba a la cantidad de agua que se pierde en el recorrido boquilla - follaje.

Moreno (7) en 1979 al trabajar con ballico anual asociado con avena forrajera y someterlos a cinco regímenes de humedad en el suelo en la capa 0-30 cm al momento del riego, representados en "trabajo", por 2.5, 3.0, 3.6, 4.1 y 4.7 kilogramos por kilogramo de suelo (kgm/Kg de S) y dos espaciamientos de corrugaciones (40 y 45 cm) señaló que el cultivo asociado responde mejor cuando se le somete a un régimen de humedad en el suelo correspondiente a

4.1 kgm/kg de S, que equivale a 13.5 atm de tensión y un consumo de agua de 130.1 cm; no encontrándose significancia para el distanciamiento entre corrugaciones.

Godoy (4) en 1985 menciona que, con la finalidad de maximizar el uso de los recursos hídricos o incrementar la eficiencia en el aprovechamiento del agua, se plantea la necesidad de conocer las funciones de producción para los cultivos de mayor importancia socioeconómica del área de influencia del CENTRO EXPERIMENTAL LA LAGUNA, ya que éstas pueden proporcionar datos básicos para la construcción de modelos de producción reales para dichos cultivos y además, obtener información extrapolable a otras regiones haciendo los ajustes convenientes a cada caso particular.

## **VI. MATERIALES Y METODOS**

### **6.1. Materiales**

#### **6.1.1. Localización.**

La Comarca Lagunera está ubicada en la parte suroeste del Estado de Coahuila y noroeste del Estado de Durango, comprendida entre los meridianos  $101^{\circ} 41'$  y  $105^{\circ} 01'$  de longitud oeste y los paralelos  $24^{\circ} 59'$  latitud norte, con una altitud de 1096 m.s.n.m., colinda al norte con el Estado de Chihuahua y los municipios de Sierra Mojada y el municipio de Guadalupe Victoria, Dgo. , y al oeste con los municipios de Hidalgo, San Pedro del Gallo, Indé, Coneto de Comonfort y San Juan del Río, Dgo. Comprende los municipios de San Pedro de las Colonias, Viesca, Torreón, Matamoros y Francisco I. Madero del Estado de Coahuila y Gómez Palacio, Tlahualilo, Lerdo, Ciudad Juárez del Estado de Durango.

Las fuentes de abastecimiento de agua por orden de importancia en la Comarca Lagunera son las siguientes:

El Río Nazas, cuya cuenca tiene una superficie de 36,323 km<sup>2</sup> con una longitud de 220 km. Y con un escurrimiento medio anual de 1098 millones de m<sup>3</sup>; nace en el centro del Estado de Durango. Sobre este río se localizan las presas: Lázaro Cárdenas (almacenadora) y la Francisco Zarco (reguladora)

El acuífero subterráneo, el cual representa una fuente para los cultivos que se establecen en el invierno y parte de los de primavera-verano. La Comarca Lagunera cuenta con alrededor de 3,000 pozos profundos, siendo la mayoría de estos operados por particulares.

El Río Aguanaval, cuya cuenca tiene una superficie de 25,232 km<sup>2</sup> y una longitud de 305 km, y un escurrimiento medio anual de 160 millones de m<sup>3</sup>, nace en la Sierra de Lobatos, en el municipio de Fresnillo, Zacatecas.

### **6.1.2. Localización del sitio experimental**

El presente experimento se llevó a cabo en las instalaciones de CENTRO EXPERIMENTAL LA LAGUNA, localizado en el municipio de Matamoros Coah., el cual se localiza al margen derecho de la carretera Torreón Matamoros a la altura del Km 17 en la ciudad de Matamoros Coah., a una latitud norte de 25°32'

y una longitud oeste de 103°15'. El experimento se realizó en el lote número 12 en un suelo de textura "Migajón Arcilloso", con gran capacidad de retención de humedad y baja cantidad de materia orgánica, que corresponde a la serie "Coyote".

### **6.1.3. Clima**

Según la clasificación del Dr. Torntwhite (13) el clima de la Comarca Lagunera es:

Árido con lluvias deficientes en todas las estaciones, con una concentración aproximada de temperatura durante el verano de 30 °C y se simboliza por Ed B'a.

#### **6.1.3.1 Temperatura**

Se diferencian dos épocas, la primera comprende desde abril hasta octubre, en la cual la temperatura media mensual es mayor a los 20°C y la segunda comprende los meses de noviembre a marzo, en los cuales la temperatura media mensual oscila entre los 13.6°C y los 19.4°C. Los meses más calurosos son de mayo a agosto y los más fríos de diciembre a enero.

### 6.1.3.2 Precipitación

De acuerdo a las lluvias registradas durante los últimos cuarenta años en la estación climatológica de Cd. Lerdo Durango (13) en 1977 se concluye que en la Comarca Lagunera el período de mayor precipitación comprende los meses de mayo, junio, julio y agosto.

La precipitación total durante los años involucrados ha sido muy variable, con un promedio de 242.2 mm y una fluctuación desde 77.8 mm en el año más seco (1954) hasta 434.9 mm en el año más húmedo (1968).

### 6.1.3.3. Humedad relativa

La humedad relativa varía según las estaciones del año, esta humedad es el promedio de las observaciones efectuadas durante el día:

Primavera	31.3%
Verano	46.2%
Otoño	52.9%
Invierno	44.3%

## 6.1.4 Suelo

En el estudio agrológico de la Comarca Lagunera realizado por Ojeda (16) en 1951 se menciona a Aller, quien describe el origen de los suelos de la Laguna como sigue:

En épocas muy remotas, la Comarca Lagunera estaba cubierta por mares que con el transcurso del tiempo se desecaron, iniciándose el relleno de estas oquedades en la última etapa del período terciario y prolongándose después de ese período por un millón de años. Terminando el relleno, los acarreos sucesivos de los ríos nivelaron las acumulaciones sedimentarias, dando origen a la casi totalidad de los suelos regionales, dado el carácter divergente de los ríos en épocas anteriores.

El autor, clasifica cuatro importantes clases de suelos que son: "Coyote", "San Pedro", "Concordia" y "Santiago".

### 6.1.4.1. Características físicas del suelo

Para obtener estas características se tomaron dos muestras dentro del sitio experimental a una profundidad de 0 - 30 cm, 30 - 60 y 60 - 90 cm. Las

muestras fueron secadas y tamizadas para posteriormente determinar: textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y porcentaje de saturación.

El contenido de humedad a saturación se determinó con la pasta de saturación, los resultados de estas determinaciones se muestran en el Cuadro número 1. Para lograr una mejor comprensión de la relación agua - suelo, con el riego por superficie, se hace necesario conocer las propiedades físicas del suelo, de estas depende el movimiento del agua en el suelo, y la facilidad con que sean tomados los nutrientes, el agua y el aire, factores muy importantes para el desarrollo de las plantas.

**Cuadro 1. Características físicas del suelo en el lote experimental.**

Prof. Cm	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	C. C. %	PMP %	P <sub>s</sub> %	Da Gr/cm <sup>3</sup>
0-30	28.76	29.84	41.40	Arcilla	30.01	16.1	62	1.25
30-60	40.76	25.84	33.40	Migajón Arcilloso	29.5	14.6	56	1.25
60-90	34.76	43.84	21.40	Franco	26.4	13.0	54	1.24

### 6.1.4.2. Características químicas del suelo

Cuando se analizan los suelos para establecer cualquier método de riego, se determinan cationes y aniones con el objetivo principal de conocer la concentración de sales solubles presentes. La determinación de los cationes solubles proporciona una información precisa del contenido total de sales, así como otras propiedades de soluciones salinas, como conductividad eléctrica.

Las características químicas del suelo se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Características Químicas del suelo.**

Prof Cm	PH	M.O %	CO <sub>3</sub> total %	C.E mmhos/cm	Cationes solubles meq/1			Aniones solubles meq/1
					Ca	Mg	Na	
0-30	8.40	1.41	16.70	1.03	3.97	0.55	4.21	0.39
30-60	8.40	0.72	14.77	0.83	2.65	0.45	4.15	0.25
60-90	8.45	0.55	10.46	0.78	1.60	0.26	5.19	0.20

### **6.1.4.3. Características agronómicas**

El manejo del cultivo estuvo de acuerdo a las recomendaciones del CENTRO EXPERIMENTAL LA LAGUNA, en lo que respecta a variedad, fecha y densidad de siembra.

## **6.2. Métodos**

### **6.2.1. Cultivo**

La especie utilizada para la realización del experimento fue la variedad anual "Oregon"

#### **6.2.1.1. Preparación del terreno**

Barbecho. Se realizó un barbecho con el fin de aflojar la tierra y facilitar la penetración de las raíces. Este fue hecho a una profundidad de 30 cm, lo más uniforme posible usando un arado de discos.

Rastreo. Se rastreó el terreno dándose tres pasadas, ya que debido a la humedad residual, existían bastantes terrones de tal manera que se logró tener la tierra lo más mullida posible y así tener una buena cama para la siembra.

Nivelación. Se realizó una nivelación con Land Plane, con la finalidad de quitar altibajos y tener una buena distribución del agua en las parcelas experimentales y así evitar errores significativos en la determinación del abatimiento de humedad del suelo.

### **6.2.1.2 Levantamiento topográfico**

Realizada la nivelación se procedió a realizar un levantamiento topográfico del lote experimental y así definir el trazo de riego y distribución de los bloques y los tratamientos en el área experimental.

### **6.2.1.3. Fecha y densidad de siembra**

La siembra se llevó a cabo el día dos de noviembre de 1988, se utilizó una sembradora de granos pequeños, con una distancia entre semillas de 1 - 2 cm y con una separación entre hileras de 17 cm. La densidad de siembra fue de 35 kg/ha.

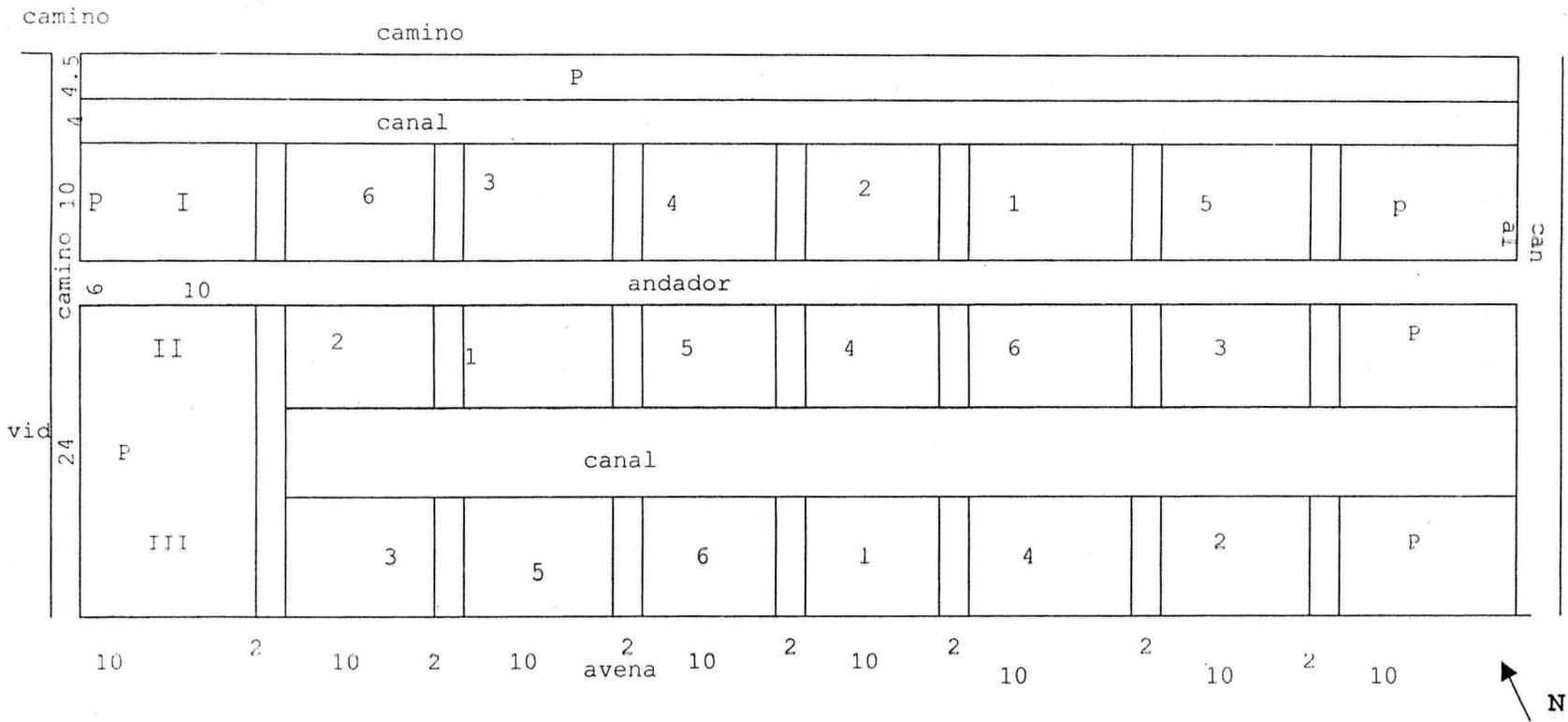


Figura 1. Croquis del área experimental, acomodo de repetición y tratamientos

Los tratamientos a estudiar fueron programas de riego, fueron seis calendarios distintos lo más contrastantes posible, como se muestra en el Cuadro 3 para obtener la respuesta del cultivo en función del agua aplicada y consumida.

Todos los casos a estudiar fueron establecidos por medio de un riego de siembra y un sobre riego a los 10 días después del primero para propiciar una mejor emergencia. Logrado lo anterior se inició el manejo del experimento durante todo el ciclo comprendido de noviembre a abril.

#### **6.2.4 Parámetros del suelo**

**Humedad.** Se elaboró un registro del control de humedad del suelo durante el ciclo del cultivo por el método dispersor de neutrones para lo cual se instalaron tubos de aluminio.

**Agua aplicada.** Por medio de aforos se determinó la cantidad de agua aplicada en los tratamientos usando sifones de aluminio de 2 pulgadas de diámetro previamente calibrados.

Agua Residual. Para determinar la cantidad de agua residual se hicieron muestreos antes de la siembra y después del último corte.

T1 <sup>1</sup>							TOTAL											
NR <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	6											
IR <sup>3</sup>	0	14	33	53	76	136	-											
LR <sup>4</sup>	20.4	16.2	16.8	12.07	16.3	16.62	98.39											
T2								TOTAL										
NR	1	2	3	4	5	6	7	7										
IR	0	14	33	53	76	109	136	-										
LR	20.4	16.2	15.78	12.07	16.0	13.62	16.62	110.69										
T3									TOTAL									
NR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9								
IR	0	14	33	53	76	88	109	136	144	-								
LR	20.4	16.2	17.13	19.52	16.9	15.91	13.62	16.62	17.6	153.9								
T4								TOTAL										
NR	1	2	3	4	5	6	6											
IR	0	14	40	76	109	136	-											
LR	20.4	16.2	12.45	15.82	13.62	16.62	95.11											
T5								TOTAL										
NR	1	2	3	4	5	6	6											
IR	0	14	50	96	119	136	-											
LR	20.4	16.2	17.0	16.71	13.62	16.62	100.55											
T6																		TOTAL
NR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	
IR	0	14	24	33	40	53	60	76	88	95	109	118	125	136	144	151	-	
LR	20.4	16.2	18.8	14.2	12.10	12.73	23.36	19.6	15.91	26.36	13.62	16.14	15.73	16.14	17.6	37.97	300.09	
																		CM.

- 
- <sup>1</sup> T Tratamientos  
<sup>2</sup> NR Número de riego  
<sup>3</sup> IR Intervalo de riego  
<sup>4</sup> LR Lámina de riego

## 6.2.5 Mediciones en las plantas

Muestreo de materia seca para función de producción

Tamaño de muestra	1m <sup>2</sup>
Ubicación:	En el área alrededor del tubo
Momento de muestreo:	Al corte
Repeticiones:	En cada corte se utilizó una repetición
Peso seco y verde	Se obtuvo el peso verde total de la muestra además del peso seco de láminas tallos + vaina y espiga previamente separados. Las láminas se separaron en verdes y secas o senecentes.

Muestreo de materia seca para medir el crecimiento

Tamaño de muestra	0.25m <sup>2</sup>
Ubicación	Alrededor del metro cuadrado pegado al tubo, marcando el lugar donde se realice el muestreo
Fecha de muestreo	Cada semana
Peso seco y verde	Se obtuvo el peso verde total de la muestra, además del peso seco de láminas tallo + vaina y espiga

previamente separados. Las láminas se separaron en verdes y secas o senecentes.

#### Conteo de la dinámica del número de tallos

Tamaño de muestra	0.25 m <sup>2</sup> en tres repeticiones
Fecha de muestreo	Se contó el número de tallos cada semana, tomando en cuneta el rebrote entre cortes
Altura de planta	En cada cuadro al corte se obtuvo el peso seco de planta (separando verdes y secas o senecentes), tallo + vaina.

El muestreo de materia seca semanal y el de número de tallos se realizó en un área de .25m<sup>2</sup> en dos repeticiones hasta el final del ciclo.

Las muestras de materia verde se secaron en la estufa a una temperatura de 70 a 75 grados centígrados durante un período de 48 a 72 horas, separándolas previamente en sus diferentes componentes.

## 6.2.6. Factores del clima

Dentro de los factores a considerar del clima tenemos los siguientes:

**Temperatura.-** Se llevó un registro diario de temperaturas máxima y mínima para calcular la media.

**Precipitación.-** Para realizar un buen balance de agua en cada tratamiento fue necesario conocer tanto las entradas como las salidas de agua, por lo que se llevó un registro de precipitación, empleando para ello un pluviómetro.

**Evaporación.-** Se llevó un registro diario de la cantidad de agua evaporada, utilizando un tanque evaporímetro tipo "A".

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de lo más sobresaliente en relación al trabajo se puede mencionar el clima, que fue favorable ya que se presentaron un total de seis lluvias en todo el ciclo y la evaporación acumulada fue de 923.2 mm, cantidad que puede tomarse como límite superior de la evapotranspiración ya que en algunos casos llegó a ser igual o superior a esta en algunos periodos, aunque también adquirió valores menores.

El hecho de que se hayan presentado pocas lluvias favoreció el objetivo del trabajo, debido a que entre menos precipitaciones se tengan es más fácil realizar el balance hídrico del cultivo a través de sus diferentes tratamientos. La magnitud de las precipitaciones fue de 1.0 a 14 mm con un total de 33.8 mm en el ciclo.

En la figura 2 se presenta la información climatológica de estos dos factores, la evaporación acumulada en el ciclo y la precipitación por fechas. En el Cuadro 4 se concentra por mes. En total se manejaron seis calendarios de riego programados en base a dos etapas del cultivo, las cuales fueron establecimiento y producción, aplicándose el agua en las etapas de desarrollo

rápido, presentándose estas a los 45 y 76 días después de la siembra para la primera etapa y después de cada corte o alternado en la etapa de producción.

**Cuadro 4. Información climatológica de precipitación y evaporación por meses y en el ciclo del ballico anual.**

Mes	Precipitación	Evaporación	Evaporación Acumulada
Noviembre		134.20	134.20
Diciembre	17.2	91.28	226.02
Enero		115.57	341.59
Febrero	9.2	151.92	493.51
Marzo		226.91	720.42
Abril	7.4	202.78	923.20
TOTAL	33.8		923.20

En el Cuadro 3 se presentan los calendarios de riego aplicados al ballico anual, en este se anotan para cada tratamiento el número de riego (N.R.), el intervalo de riego en días (I.R.) y la lámina de agua aplicada en centímetros (L.R.). Este último parámetro fue obtenido a través de aforos en la regadera y

promediado en base a repetición, lo que se puede comentar es que las láminas de riego que se dieron a los tratamientos en la forma en que se hizo a nivel experimental fueron altos ya que se tuvo una lámina mínima de 12.07 cm y una máxima de 20.4 cm en el riego de siembra.

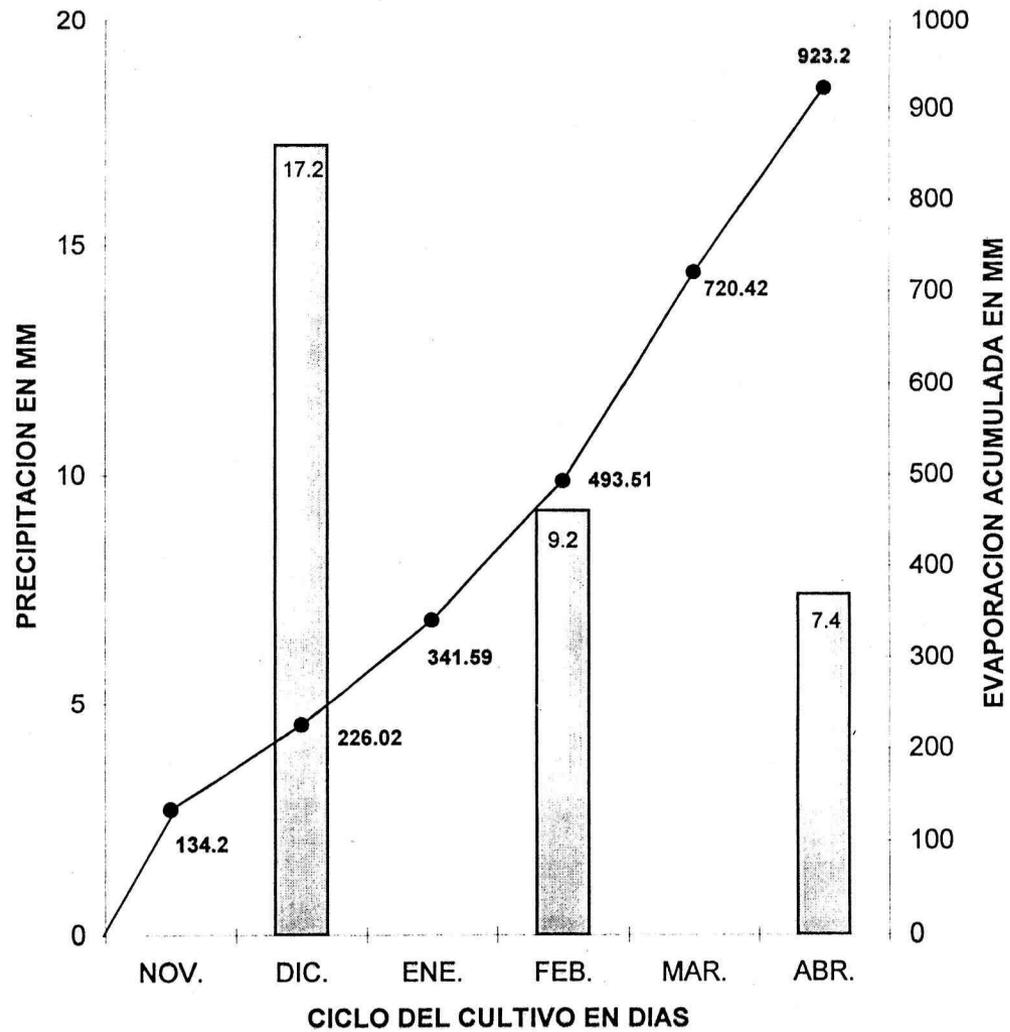


Figura 2. Información climatológica de la evaporación y la precipitación durante todo el ciclo del cultivo.

La relación de  $E_{tr}/E_o$  para los seis tratamientos estudiados se muestra en la Figura 3. Esta relación se conoce como coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) y considera la influencia del agua disponible en el suelo y el incremento en la evaporación de la superficie del suelo después de un riego o una lluvia. El radio de  $E_{tr}$  fue más alto (1.49) para el tratamiento seis con 16 riegos aplicados y varió entre 1.04 y 1.18 para los otros cinco tratamientos, indicando esto que este tratamiento (T6), el uso de agua diario fue más alto que en los demás tratamientos, los tratamientos 4,5,y 2 cayeron a valores bajos en el radio de  $E_{tr}$  (0.6 - 0.7) al inicio del ciclo y cerca del final de la estación de crecimiento.

En el Cuadro 5 se muestra la fecha a la cual se alcanzó el máximo valor de  $K_c$  que fue el 22 de enero para el tratamiento 1, 27 de enero para los tratamientos 4 y 6, 31 de febrero para el tratamiento 3, y 7 de febrero para los tratamientos 2 y 5.

El número de riegos aplicados y los valores de  $K_c$  obtenidos señalan que en realidad en ninguna época del cultivo se presentaron deficiencias fuertes de agua, aunque el tratamiento 1, 4 y 2 muestran decrementos fuertes en este factor.

**Cuadro 5. Máximos valores de Kc y días después de la siembra.**

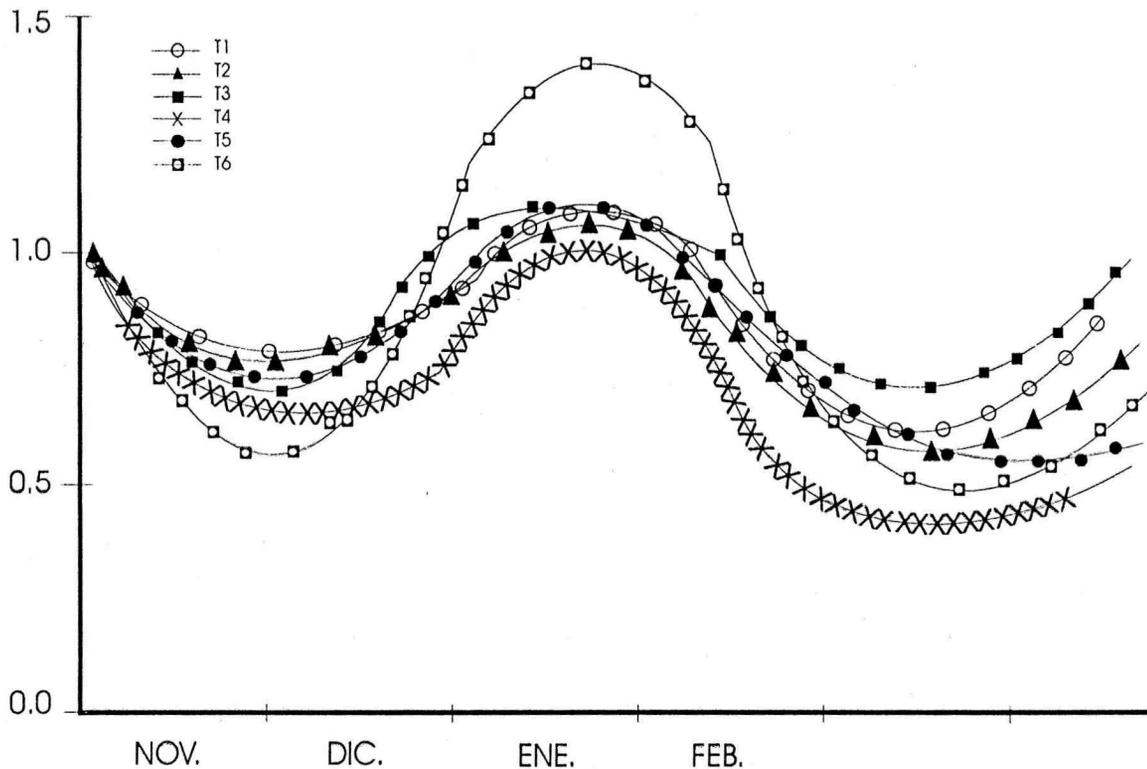
Tratamientos	Máximo Valor	Días después de la siembra al máximo valor de Kc	Fecha
1	1.10	79	22 de enero
2	1.16	95	07 de febrero
3	1.20	88	31 de enero
4	1.04	84	27 de enero
5	1.18	95	07 de febrero
6	1.49	84	27 de enero

En el Cuadro 6 se muestran los kilogramos de materia seca total para cada uno de los tratamientos estudiados a través de los cortes, encontrándose diferencias altamente significativas para este factor.

Cuadro 6. Kilogramos por metro cuadrado del ballico anual bajo seis calendarios de riego durante el ciclo.

Tratamiento	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	TOTAL		Número de riegos
1 <sup>1</sup>	259.14	294.99	181.5	278.17	1044.80	e	6
2	289.47	298.74	259.95	264.90	1113.06	c	7
3	286.47	304.14	279.75	305.62	1176.1	b	9
4	272.96	346.98	232.23	225.87	1078.17	d	6
5	269.26	204.44	226.65	274.92	1075.28	d	6
6	294.2	314.34	269.54	348.14	1226.22	a	16

<sup>1</sup> Valores seguidos con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Duncan 0.05).



**Figura 3. Variación en el coeficiente del cultivo (KC) para los seis tratamientos de riego en el ballico anual.**

Se encontró que el tratamiento seis es estadísticamente diferente y superior al resto de los tratamientos, en seguida aparece el tratamiento 3 que antecede al (T6) en relación al número de riegos (9) para continuar con el tratamiento 2 siete riegos, en los tratamientos 4, 5 Y 1 se aplicaron seis riego, variando únicamente la oportunidad aunque prácticamente cuatro y cinco son iguales en rendimiento. En el (T1) se obtuvo el menor rendimiento de todos los tratamientos estadísticamente diferente.

Con la información que se presenta en el Cuadro 7, en especial con las columnas 3 y 4, consumo de agua en mm y materia seca total en gramos por m<sup>2</sup> de las dos repeticiones en las cuales se muestreó la humedad se generó la función de producción, la cual fue lineal.

En la Figura 4 se muestra la respuesta obtenida. Como se puede observar en la gráfica, el consumo de agua es alto, está entre 650 y 835 mm, debido a el número de riegos que se dio y a las láminas que se aplicaron, por lo que es necesario bajar el número de riegos y las láminas de riego para poder obtener la parte baja de la respuesta.

**Cuadro 7. Lámina consumida y aplicada, número de riegos, materia seca total por tratamiento en dos repeticiones**

Repeticición	Tratamiento	C.A mm	M.S. Total gr/m <sup>2</sup>	Agua Aplicada cm	Número de riegos
II	1	697.86	1,046.79	98.39	6
	2	755.26	1,132.89	110.69	7
	3	801.93	1,202.90	153.90	9
	4	732.9	1,074.58	95.11	6
	5	716.38	1,253.34	100.55	6
	6	835.56	1,253.34	300.08	16
III	1	655.20	928.81		
	2	728.82	1,093.23		
	3	766.2	1,159.30		
	4	704.62	1,056.94		
	5	717.33	1,075.99		
	6	799.40	1,199.10		

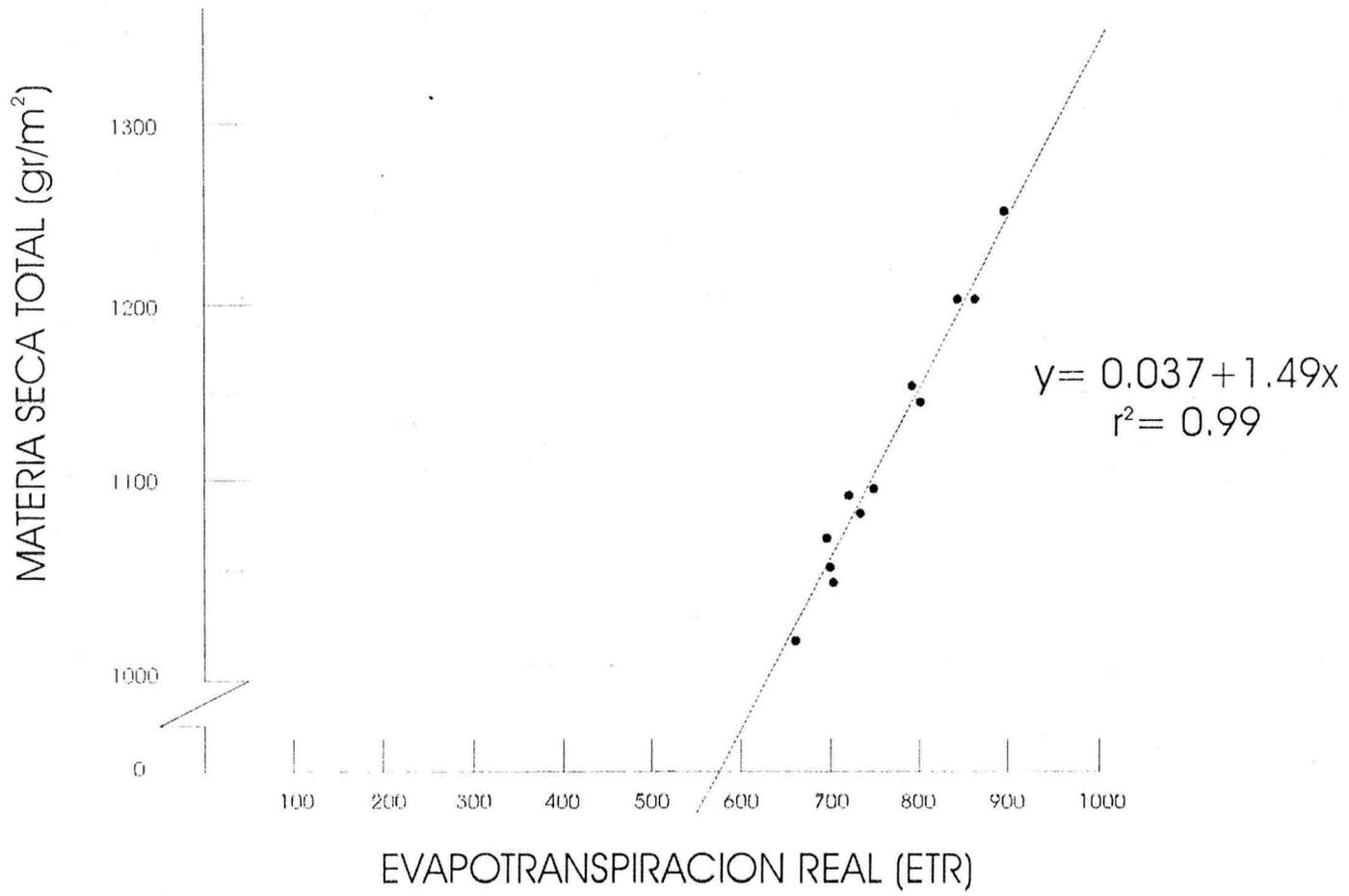


Figura 4. Relación entre la materia seca total y la evapotranspiración.

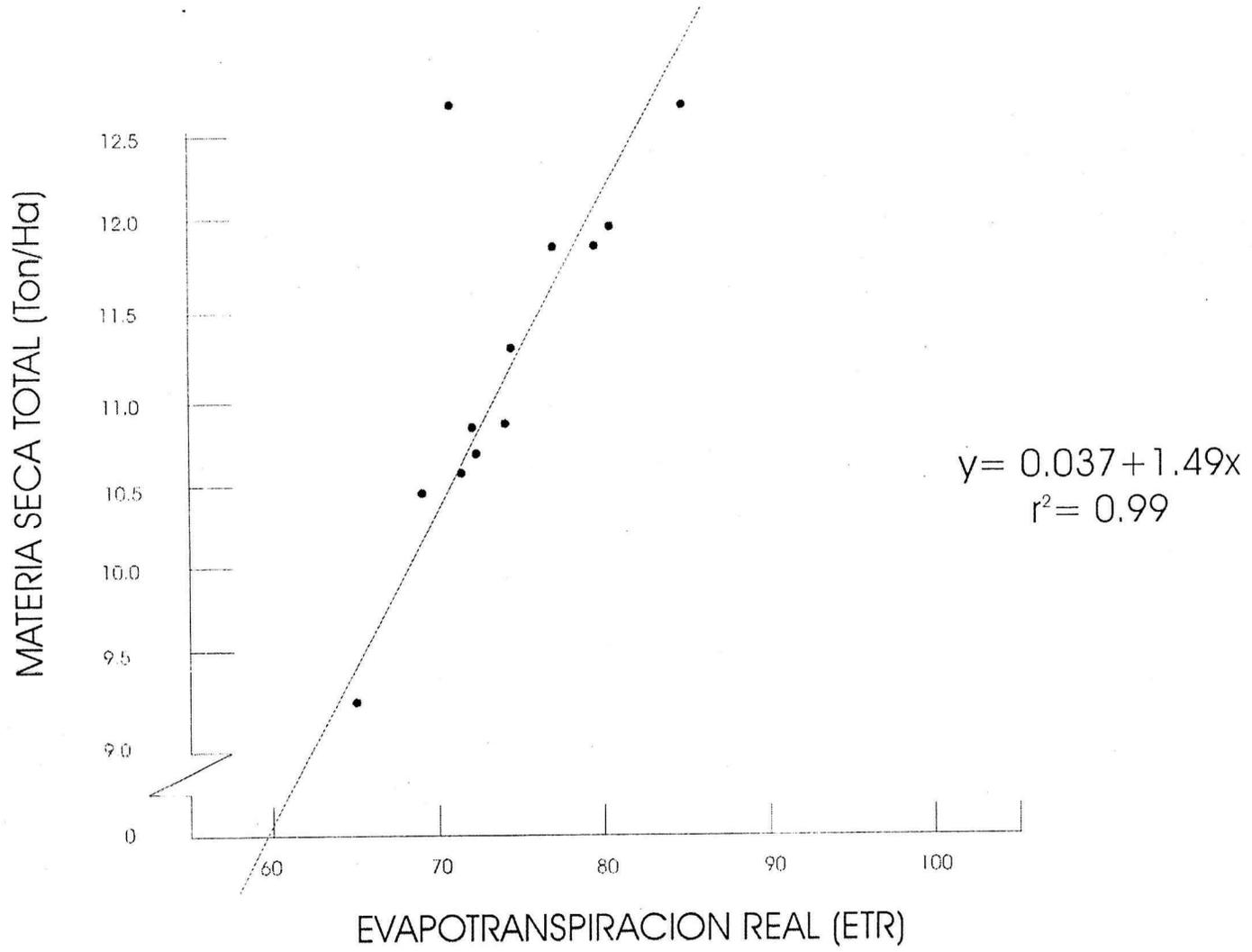


Figura 5. Relación entre la materia seca total y la evapotranspiración.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Se obtuvo la función de producción de materia seca total contra consumo de agua, la cual estuvo representada por el modelo lineal.
2. Los coeficientes de desarrollo del cultivo del ballico anual se presentan gráficamente por un modelo polinomial de quinto grado.
3. La función de producción que se obtuvo en el ballico anual fue por cortes totales. Los valores mínimos de ( $k_c$ ) fueron de 0.5 y 0.6 para los diferentes tratamientos, lo cual indica que el castigo hídrico al que fueron expuestos fue insignificante.
4. La eficiencia de uso del agua en el ballico anual, es diferente bajo cualquier nivel de humedad.
5. Los máximos valores de ( $K_c$ ) coeficiente de desarrollo fueron obtenidos a los 84 y 96 días con valores de 1.04 a 1.49, los cuales se puede decir que son altos.

6. El consumo de agua que se obtuvo en todos los tratamientos fue alto, de 655 a 835 mm. En relación a la materia seca y en base a la hipótesis que se planteó resulto proporcional a los consumos obtenidos.

## IX. RECOMENDACIONES

1. La función de producción se obtuvo con valores elevados de consumo de agua y materia seca, manejándose únicamente la parte alta de la respuesta, por lo que se recomienda bajar el nivel de consumo de agua y como consecuencia la producción de materia seca para poder conocer la función de respuesta en su totalidad.

2. Se recomienda medir el agua mediante aforo de sifones o regaderas, contabilizar la humedad residual antes y después del establecimiento del cultivo con la finalidad de realizar un buen balance hídrico ya que es la base en la determinación del agua consumida.

## X. BIBLIOGRAFIA.

1. Downey, A. Llyd. 1972. " Water yield relations for forraje crops " Journal of irrigation and drainage divition. Proc. Of ASCE IRI. March. Pp. 107-115.
2. Farías, F. J. M. 1983. Ballico Anual. Alternativa invernal para producir forraje en la Comarca Lagunera. Octubre 9, p. (Reimpresión de circular CIAN 1987)
3. ----- . 1983. -Alternativa para optimizar el uso del agua de riego en la producción de forraje. Octubre 1983.
4. Godoy, A. C. 1985. Eficiencia en el Aprovechamiento del Agua en los cultivos de mayor importancia socioeconómico en la región Norte-Centro de México. Proyecto de Investigación. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos INIACIAN-Matamoros, Coah., México.
5. Hagan, R. M. 1973. Water Management: Some effects of new Societal Attitudes. Journal of the Irrigation and Drainage Divition.

6. Heady, E. O. And Dillan, J. L. 1961. Agricultural Production Iowa State University Bress/Ames. Iowa.
7. Moreno, R. A. 1979. Asociación Ballico-Avena (*Lolium multiflorum* avena Sativa) bajo niveles de trabajo y distancia entre corrugaciones. CENAMAR-SARH. Informe de Investigación Sin Publicar.
8. Obregón, V. L. 1978. Comparación de tres métodos de riego en ballico anual. CENAMAR-SARH. Informe de Investigación Sin Publicar.
9. Río Colorado, Baja California Norte, México. 1974. Distrito de Riego No. 014. Memorándum Técnico No. 335. Resumen de los Resultados del Experimento con el cultivo de Rye Grass (Zacate italiano) SARH-DGDR.
10. -----, 1975. Distrito de Riego No. 014. Resultados del Experimento en Rye Grass. SARH-DGDR.
11. Rodríguez C-. A. 1979. Comparación de tres métodos de riego en la Asociación Ballico-Avena. CENAMAR-SARH. Informe de Investigación Sin Publicar.

12. Stewart, J. I. Y R. M. Hargan. 1972. Water Deficits-Irrigation design and programing. Journal of the irrigation and drainage divition. Proc. Am. Soc. of Civil.
13. Stewart, J. I. Et al. 1977. Optimizing crop production trough control of water an salinity levels in the soil. Reporte de Investigación conjunta de California(Davis), Colorado, Utha y Arizona.
14. Veihmeyer, F. Y Hendrickson, A. H. 1950. " Soil moisture in relation to plant growth ". An. Rev. Physial. I. 285-304.
15. Yaron Dan. 1971. " Estimation and use of water production functions in crops ". Jour. of the Irrigation and Drainage. Divition. Proc. of ASCE. IR 2. June 291-303.
16. Ojeda O. D. 1951. Estudio agrológico detallado del distrito de riego 017 . Estados de Durango y Coahuila. Dirección General de Agrología. SARH. México.