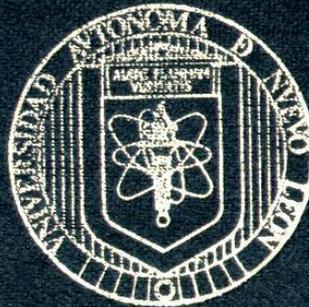


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

FACULTAD DE AGRONOMIA  
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ESTIMACION DE LA EFICIENCIA EN EL USO  
DEL AGUA MEDIANTE MEDICIONES DE  
INTERCAMBIO DE GASES Y ANALISIS DE  
CRECIMIENTO EN TRES ESPECIES CULTIVADAS

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION  
AGRICOLA

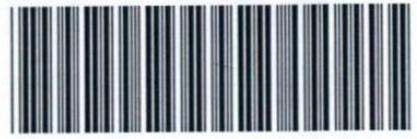
PRESENTA:  
JUAN MARTINEZ MEDINA

MARIN N. L.

JUNIO DE 1995

M

TM  
SB189  
.M3  
1995  
c.1



1080110322

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

INSTITUTO DE AGRONOMIA

SISTEMA DE ESTUDIOS DE DOCTORADO



EL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA  
DEL ANTIHERBICIDA MCL-2000 EN LA  
ENTRADA DE GASES Y EN EL CRECIMIENTO  
CRECIMIENTO EN TRES ESPECIES DE LEGUMINOSAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS Y ESPECIALIDAD EN  
AGRICULTA

PRESENTA:  
JUAN MARTINEZ MEDINA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

INSTITUTO DE AGRONOMIA

2000



TM

SB 189

o M3

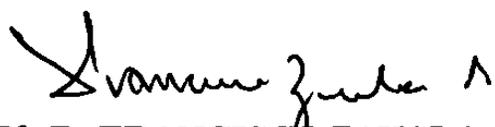
1995



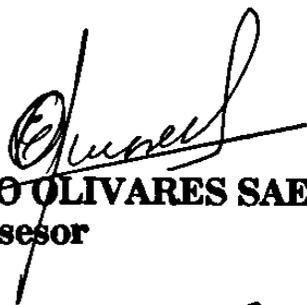
**ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL  
COMITE PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR POR EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGRICOLA**

**COMITE PARTICULAR**

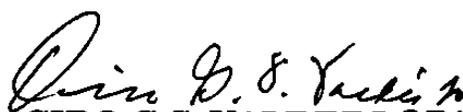


**Ph.D. FRANCISCO ZAVALA GARCIA**  
Consejero



**Ph.D. EMILIO OLIVARES SAENZ**

Asesor



**Ph.D. CIRO G.S. VALDEZ LOZANO**

Asesor



**Ph.D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO**

Asesor

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico proporcionado a través de la beca otorgada.**

**Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), por permitirme participar en la investigación agrícola y por el apoyo brindado para desarrollarme en el.**

**A los directivos del CIR-Noreste del INIFAP, Dr. Sebastian Acosta Nuñez y Ph. D. Luis Rodríguez del Bosque, por el apoyo y la confianza brindada.**

**Al M.C. Humberto de la Fuente Saucedo, Jefe del Campo Experimental "General Terán" por todas las facilidades que me otorgó, por el interés mostrado a fin de que me fuera posible obtener el grado.**

**Al M.C. Jorge Cantú Vega, ya que su apoyo moral fué decisivo para iniciar y terminar mis estudios de maestría.**

**Al M.C. José Verastegui Ch. y Ph.D. Juan Pablo Martínez Soriano, por su apoyo en la edición de la tesis.**

**Al Ph.D. Francisco Zavala García por su disposición para haber aceptado dirigir esta tesis, por su confianza, optimismo y seguridad que me fueron transmitidos que hicieron posible culminar satisfactoriamente esta investigación.**

**Al Ph.D. Emilio Olivares Saéñz, Ph.D. Ciro G.S. Valdez Lozano y Ph.D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado, por formar parte del comité particular de tesis y por su disposición e interés mostrado en el desarrollo del trabajo de investigación.**

**Al Programa de Sorgo del PMMFS de la FAUANL por el apoyo del material necesario durante la investigación de campo y el proporcionado por el personal que en el laboraa, especialmente a la Ing. Nora E. García.**

**A Adrian Vázquez Ch. por su ayuda en la toma de datos de campo.**

**A la Dirección de la Facultad de Agronomía, por su colaboración y apoyo recibido para la culminación de esta tesis.**

**Al Ph.D. Rigoberto González González, Subdirector de Estudios de Postgrado de la FAUANL por el apoyo que proporcionó durante mi estancia y en la impresión de esta tesis.**

**A los M.C. Ricardo Sánchez de la Cruz y Gilberto A. López Arizpe, por brindarme su amistad.**

A los demás compañeros y amigos de generación, a los que continúan, particularmente al M.V.Z. Venancio Orozco R., Ing. Arturo Luna V., Ing. Carmen Ojeda Z. por su enorme amistad. Al M.V.Z. Alejandro Gómez D., al Ing. Ramón Rodríguez M., Ing. Francisco Zamora, Ing. Adriana Gutiérrez, Ing. Francisco Guevara; M.V.Z. Javier Reyna, Ing. Mario Chapa; Ing. Luis Carlos Alvarado, Ing. Juan A. Molina, por su amistad, gracias.

## **DEDICATORIA**

**A mi esposa, María Guadalupe Castro Ortíz, como un pequeño reconocimiento a su gran sacrificio que hizo posible que iniciara y terminara mis estudios de maestría,....¡Gracias Gorda!**

**A mis pequeños hijos Olaya Beatriz, Juan Cirilo y Axiris Sarahí, quienes a pesar de su corta edad fueron capaces de comprender la razón de mi ausencia.**

**A mi madre y hermanos, que aunque siempre hemos estado separados geográficamente, espiritualmente siempre hemos estado unidos.**

**A mis tíos y primos especialmente a la familia Celedón Medina que siempre me apoyaron.**

**A la familia de mi esposa por el apoyo que le brindaron.**

I want to thank to the Department of Agronomy of the University of Nebraska-Lincoln, especially to Dr. Jerry D. Eastin, for the opportunity to use the LICOR 6200 infrared gas analyzer, which it has been used in the Cooperative Project in sorghum between the University of Nebraska-Lincoln and the Universidad de Nuevo Leon.

## CONTENIDO

	PAGINA
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>x</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INDICE DE CUADROS Y FIGURAS DEL APENDICE</b> .....	<b>xviii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xxviii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xxx</b>
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1. La relación fotosíntesis-transpiración.</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1.1. Factores que afectan la fotosíntesis-transpiración</b> .....	<b>6</b>
2.1.1.1. Factores que afectan la fotosíntesis .....	<b>6</b>
2.1.1.2. Factores que afectan la transpiración. ....	<b>7</b>
<b>2.1.2. El agua en el proceso fotosíntesis-transpiración</b> .....	<b>8</b>
2.1.2.1. El efecto del agua en la fotosíntesis .....	<b>9</b>
2.1.2.2. El efecto del agua en la transpiración .....	<b>9</b>
<b>2.2. El comportamiento de los estomas y la resistencia estomatal</b> .....	<b>11</b>
2.2.1. El comportamiento de los estomas.....	<b>12</b>
2.2.2. Resistencia y conductancia estomatal .....	<b>14</b>
<b>2.3. Eficiencia en el uso del agua</b> .....	<b>16</b>
2.3.1. La eficiencia en el uso del agua y las plantas C4 .....	<b>16</b>
2.3.2. Estudios en la estimación de la eficiencia en el uso del agua .....	<b>18</b>
<b>2.4. Análisis de crecimiento</b> .....	<b>32</b>
<b>2.4.1. Componentes del análisis del crecimiento</b> .....	<b>34</b>
2.4.1.1. El peso seco y el área foliar .....	<b>34</b>
2.4.1.2. Tasa relativa de crecimiento .....	<b>35</b>
2.4.1.3. Tasa de asimilación neta .....	<b>35</b>
2.4.1.4. Relación del área foliar .....	<b>36</b>
2.4.1.5. Índice de área foliar .....	<b>36</b>
2.4.1.6. Tasa de crecimiento del cultivo .....	<b>36</b>
2.4.1.7. Duración del área foliar .....	<b>37</b>
<b>2.4.2. Estudios sobre el análisis de crecimiento</b> .....	<b>37</b>
2.4.2.1. Sorgo .....	<b>37</b>
2.4.2.2. Maíz .....	<b>40</b>
2.4.2.3. Mijo .....	<b>44</b>
<b>2.5. El índice de cosecha</b> .....	<b>45</b>
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>48</b>
<b>3.1. Localización del experimento</b> .....	<b>48</b>
<b>3.2. Características climatológicas y edafológicas</b> .....	<b>48</b>
<b>3.3. Tratamientos</b> .....	<b>49</b>
3.3.1. Especies vegetales .....	<b>49</b>
3.3.2. Condiciones de humedad .....	<b>49</b>
3.3.2.1. Riego completo .....	<b>50</b>

3.3.2.1. Riego completo .....	50
3.3.2.2. Temporal con riego de presiembra.....	50
3.4. Descripción de los tratamientos y croquis del experimento .....	50
3.5. Establecimiento y manejo del experimento .....	51
3.5.1. Preparación del suelo .....	51
3.5.2. Riego de presiembra .....	51
3.5.3. Fertilización .....	51
3.5.4. Siembra .....	52
3.5.5. Densidad de población .....	53
3.5.6. Control de malezas y plagas.....	53
3.6. Variables medidas .....	53
3.6.1. Ambiente físico.....	53
3.6.1.1. Variables macroambientales.....	53
a) Temperatura .....	53
b) Precipitación .....	54
c) Evaporación.....	54
3.6.1.2. Variables microambientales.....	54
a) Potencial hídrico del suelo.....	54
3.6.2. Variables fisiológicas .....	57
3.6.2.1. Flujo de CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O .....	57
3.6.2.2. Eficiencia en el uso del agua .....	58
3.6.3. Índices fisiotécnicos .....	58
3.6.3.1. Obtención de los datos primarios.....	58
a) Peso seco.....	61
b) Área foliar .....	62
3.6.3.2. Cálculo de los índices fisiotécnicos.....	63
a) Tasa relativa de crecimiento .....	63
b) Tasa de asimilación neta.....	63
c) Tasa de crecimiento del cultivo .....	64
d) Relación del área foliar .....	64
e) Duración del área foliar .....	64
f) Índice de área foliar .....	64
3.6.4. Índice de cosecha.....	64
3.6.5. Variables agronómicas y de rendimiento .....	65
3.6.5.1. Días a floración .....	65
3.6.5.2. Altura total de planta (cm).....	65
3.6.5.3. Tamaño de panícula y mazorca (cm) .....	65
3.6.5.4. Panículas y mazorcas cosechadas .....	65
3.6.5.5. Peso de grano (g).....	66
3.6.5.6. Peso de 100 semillas (g).....	66
3.7. Análisis de los datos .....	66
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>68</b>
4.1. Potencial hídrico del suelo .....	68
4.2. Análisis de crecimiento .....	78
4.2.1. Comportamiento del peso seco y de área foliar.....	78
4.2.1.1. Las curvas clásicas de acumulación de materia seca y área foliar .....	89
4.2.2. Los índices de eficiencia fisiológica.....	95

4.2.2.1. La tasa relativa de crecimiento.....	95
4.2.2.2. La tasa de asimilación neta .....	98
4.2.2.3. La tasa de crecimiento del cultivo.....	101
4.2.2.4. La relación dle área foliar .....	104
4.2.2.5. La duración del área foliar .....	107
4.2.2.6. El índice de área foliar.....	112
4.3. Mediciones de intercambio gaseoso .....	120
4.3.1. Tasa de intercambio de CO <sub>2</sub> (Fotosíntesis).....	120
4.3.2. Tasa de intercambio de vapor de agua (Tasa transpirativa).....	127
4.4. Eficiencia en el uso del agua .....	133
4.5. Características agronómicas, índice de cosecha y rendimiento .....	139
4.5.1. Características agronómicas .....	139
4.5.2. Índice de cosecha y rendimiento de grano.....	140
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>145</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>147</b>
<b>VII. APENDICE .....</b>	<b>154</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Tratamientos resultantes de la combinación de especies por condición de humedad. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....	50
2	Calendario de aplicación del agua de riego después de la siembra; experimento 1: Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....	52
3	Calendario de aplicación del agua de riego después de la siembra; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....	52
4	Calendario de muestreos de humedad del suelo después de la siembra: Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....	57
5	Calendario de mediciones de intercambio gaseoso después de la siembra. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....	61
6	Calendario de muestreos de peso seco y área foliar después de la siembra: Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....	61
7	Potencial hídrico del suelo (MPa) a diferentes estratos del suelo en dos condiciones de humedad. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. ....	69
8	Contenido promedio de humedad (%vol) y potencial	

	<b>hídrico (MPa) del suelo en el estrato 0-60 en dos ambientes de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>Contenido promedio de humedad (% vol) y potencial hídrico (MPa) del suelo en el estrato 0-60 en dos ambientes de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>70</b>
<b>10</b>	<b>Area foliar activa (cm<sup>2</sup>) en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>84</b>
<b>11</b>	<b>Area foliar activa (cm<sup>2</sup>) en función de la interacción especies por humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>84</b>
<b>12</b>	<b>Area foliar (cm<sup>2</sup>) en función de la interacción especies por humedad, comparación entre condiciones de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>87</b>
<b>13</b>	<b>Area foliar activa (cm<sup>2</sup>) en función de la interacción especies por humedad, comparación entre condiciones de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>88</b>
<b>14</b>	<b>Duración del area foliar (cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>) en función de la interacción especies por humedad, comparación entre condiciones de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>111</b>

- 15 Duración del área foliar ( $m^2 d^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad, comparación entre condiciones de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 ..... 112
- 16 Índice de área foliar en función de la interacción especies por humedad, comparación entre condiciones de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 ..... 119
- 17 Índice de área foliar en función de la interacción especie por humedad, comparación entre condiciones de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 ..... 120

## INDICE DE FIGURAS

FIGURAS		PAGINAS
1	Curva de retención de humedad del suelo. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994.....	56
2	Esquema generalizado del desarrollo de los cultivos al momento de realizar las mediciones de intercambio gaseoso; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua en tres especies cultivadas mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	59
3	Esquema generalizado del desarrollo de los cultivos al momento de realizar las mediciones de intercambio gaseoso; experimento 2. c	
4	Variación del potencial hídrico (-MPa) del suelo en la profundidad 0-20, 20-40 y 40-60; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	71
5	Potencial hídrico del suelo (-MPa), en la profundidad 0-60; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua en tres especies cultivadas mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	73
6	Variación del potencial hídrico (-MPa) del suelo en la profundidad 0-20, 20-40 y 40-60; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	74
7	Potencial hídrico del suelo (-MPa), en la profundidad 0-60; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....	77
8	Peso seco (g) y área foliar (cm <sup>2</sup> ) por planta en función	

	de las especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	80
9	Peso seco (g) y área foliar (cm <sup>-2</sup> ) por planta en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	81
10	Area foliar (cm <sup>2</sup> ) por planta en función de la interacción humedad por especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	85
11	Area foliar (cm <sup>2</sup> ) por planta en función de la interacción humedad por especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	86
12	Acumulación de materia seca (g) por planta por condición de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	90
13	Acumulación de materia seca (g) por planta por condiciones de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	91
14	Desarrollo del área foliar (cm <sup>2</sup> ); experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....	93
15	Desarrollo del área foliar (cm <sup>2</sup> ); experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L.	

	<b>1994 .....</b>	<b>94</b>
<b>16</b>	<b>Tasa relativa de crecimiento (<math>\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}</math>) en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>96</b>
<b>17</b>	<b>Tasa de asimilación neta (<math>\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}</math>) en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>100</b>
<b>18</b>	<b>Tasa de crecimiento del cultivo (<math>\text{g d}^{-1}</math>) en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>103</b>
<b>19</b>	<b>Relación de área foliar (<math>\text{cm}^2 \text{g}^{-1}</math>) en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>106</b>
<b>20</b>	<b>Efecto de la interacción humedad por especies en la relación del área foliar (<math>\text{cm}^2 \text{g}^{-1}</math>) a los 71 y 76 dds; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>108</b>
<b>21</b>	<b>Duración del área foliar (<math>\text{m}^2 \text{d}^{-1}</math>) en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>109</b>
<b>22</b>	<b>Duración del área foliar (<math>\text{m}^2 \text{d}^{-1}</math>) en función de la interacción humedad por especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>113</b>
<b>23</b>	<b>Duración del área foliar (<math>\text{m}^2 \text{d}^{-1}</math>) en función de la interacción humedad por especies; experimento 2.</b>	

	<b>Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>114</b>
<b>24</b>	<b>Índice de área foliar en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994 .....</b>	<b>116</b>
<b>25</b>	<b>Índice de área foliar en función de la interacción humedad por especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....</b>	<b>117</b>
<b>26</b>	<b>Índice de área foliar en función de la interacción humedad por especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....</b>	<b>118</b>
<b>27</b>	<b>Tasa fotosintética (<math>\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}</math>) en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994.....</b>	<b>121</b>
<b>28</b>	<b>Respuesta de la tasa fotosintética (<math>\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}</math>) a condición de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....</b>	<b>125</b>
<b>29</b>	<b>Respuesta a la tasa fotosintética (<math>\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}</math>) a condición de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....</b>	<b>126</b>
<b>30</b>	<b>Tasa transpirativa (<math>\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}</math>) en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas</b>	

	Marín, N.L., 1994.....	129
31	Respuesta de la tasa transpirativa ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) a la condición de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	131
32	Respuesta de la tasa transpirativa ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) a la condición de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	132
33	Eficiencia en el uso del agua (EUA) ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994.....	135
34	Respuesta de la eficiencia en el uso del agua (EUA) ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) a la condición de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas, Marín, N.L., 1994.....	137
35	Respuesta de la eficiencia en el uso del agua (EUA) ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) a la condición de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas, Marín, N.L., 1994.....	138
36	Comportamiento del rendimiento de grano (gh/ha) en función de las especies. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas, Marín, N.L., 1994 .....	141
37	Respuesta del rendimiento de grano (kg/ha) de maíz, mijo y sorgo a la condición de humedad. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	143

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS DEL APENDICE

Fig. 1A. Croquis de distribución de los tratamientos en el campo. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N. L., 1994. ....	155
Cuadro 1A. Temperatura (°C) máxima y mínima diarias durante el desarrollo de los cultivos. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	156
Cuadro 2A Evaporación y precipitación (mm) diarios durante el desarrollo de los cultivos. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	157
Fig. 2A Curva de calibración para dispersor de neutrones. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N. L., 1994. ....	158
Cuadro 3A. Parámetros estimados para la obtención de la curva de retención de humedad del suelo. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N. L., 1994. ....	159
Cuadro 4A. Cuadrados medios y significancia estadística para peso seco; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	160
Cuadro 5A. Cuadrados medios y significancia estadística para peso seco; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	161
Cuadro 6A. Peso seco total por planta (g) en función de las especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N. L., 1994. ....	162
Cuadro 7A. Peso seco total por planta (g) en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N. L., 1994. ....	162
Cuadro 8A. Peso seco total por planta (g) en función de los niveles de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua	

mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	163
Cuadro 9A. Peso seco total por planta (g) en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas: Marín, N.L., 1994. ....	163
Cuadro 10A. Peso seco total por planta (g) en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	164
Cuadro 11A. Peso seco total por planta (g) en función de la interacción especies por humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	164
Cuadro 12 A. Cuadrados medios y significancia estadística para área foliar; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	165
Cuadro 13A. Cuadrados medios y significancia estadística para área foliar; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	166
Cuadro 14A. Area foliar activa (cm <sup>2</sup> ) en función de las especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	167
Cuadro 15A. Area foliar activa (cm <sup>2</sup> ) en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	167
Cuadro 16A. Area foliar activa (cm <sup>2</sup> ) en función de los niveles de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	168
Cuadro 17A. Area foliar activa (cm <sup>2</sup> ) en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	168
Cuadro 18. Cuadrados medios y significancia estadística para tasa relativa de crecimiento; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	169

Cuadro 19A. Cuadrados medios y significancia estadística para tasa relativa de crecimiento; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	170
Cuadro 20A. Tasa relativa de crecimiento ( $\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	171
Cuadro 21A. Tasa relativa de crecimiento ( $\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	171
Cuadro 22A. Tasa relativa de crecimiento ( $\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	172
Cuadro 23A. Tasa relativa de crecimiento ( $\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	172
Cuadro 24A. Tasa relativa de crecimiento ( $\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	173
Cuadro 28A. Tasa de asimilación neta ( $\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	176
Cuadro 29A. Tasa de asimilación neta ( $\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	176
Cuadro 30A. Tasa de asimilación neta ( $\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	177
Cuadro 31A. Tasa de asimilación neta ( $\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	177

Cuadro 32A. Tasa de asimilación neta ( $\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	178
Cuadro 33A. Tasa de asimilación neta ( $\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 2 Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	178
Cuadro 34A. Cuadrados medios y significancia estadística para tasa de crecimiento del cultivo; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	179
Cuadro 35A. Cuadrados medios y significancia estadística para tasa de crecimiento del cultivo; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	180
Cuadro 36A Tasa de crecimiento del cultivo ( $\text{g d}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	181
Cuadro 37A Tasa de crecimiento del cultivo ( $\text{g d}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	181
Cuadro 38A. Tasa de crecimiento del cultivo ( $\text{g d}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	182
Cuadro 39A. Tasa de crecimiento del cultivo ( $\text{g d}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	182
Cuadro 40A. Tasa de crecimiento del cultivo ( $\text{g d}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	183
Cuadro 41A Tasa de crecimiento del cultivo ( $\text{g d}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 2 Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	183

Cuadro 42A. Cuadrados medios y significancia estadística para relación de área foliar; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	184
Cuadro 43A. Cuadrados medios y significancia estadística para relación de área foliar; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	185
Cuadro 44A. Relación de área foliar activa ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) en función de las especies experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	186
Cuadro 45A. Relación del área foliar ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	186
Cuadro 46A. Relación de área foliar activa ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	187
Cuadro 47A. Relación del área foliar ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	187
Cuadro 48A. Relación del área foliar ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	188
Cuadro 49A. Relación de área foliar ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	188
Cuadro 50A. Cuadrados medios y significancia estadística para duración del área foliar; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	189
Cuadro 51A. Cuadrados medios y significancia estadística para duración del área foliar; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	190

Cuadro 62A. Índice de área foliar en función de los niveles de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	197
Cuadro 63A. Índice de área foliar en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	197
Cuadro 64A. Índice de área foliar en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	198
Cuadro 65A. Índice de área foliar en función de la interacción especies por humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	198
Cuadro 66A. Cuadrados medios y significancia estadística para tasa fotosintética; experimento 1. Eficiencia en el uso de agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	199
Cuadro 67A. Cuadrados medios y significancia estadística para tasa fotosintética; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	200
Cuadro 68A. Tasa fotosintética ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L. 1994. ....	201
Cuadro 69A. Tasa fotosintética ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	201
Cuadro 70A. Tasa fotosintética ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	202
Cuadro 71A. Tasa fotosintética ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	202
Cuadro 72A. Tasa fotosintética ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la	

eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L,1994. ....	203
Cuadro 73A. Tasa fotosintética ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L,1994. ....	203
Cuadro 74A. Cuadrados medios y significancia estadística para tasa transpirativa; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	204
Cuadro 75A. Cuadrados medios y significancia estadística para tasa transpirativa; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	205
Cuadro 76A. Tasa transpirativa ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L,1994. ....	206
Cuadro 77A. Tasa transpirativa ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L,1994. ....	206
Cuadro 78A. Tasa transpirativa ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L,1994. ....	207
Cuadro 79A. Tasa transpirativa ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L,1994. ....	207
Cuadro 80A. Tasa transpirativa ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L,1994. ....	208
Cuadro 81A. Tasa transpirativa ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L,1994. ....	208

Cuadro 82A. Cuadrados medios y significancia estadística para eficiencia en el uso del agua; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	209
Cuadro 83A. Cuadrados medios y significancia estadística para eficiencia en el uso del agua; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	210
Cuadro 84A. Eficiencia en el uso del agua ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmo H}_2\text{O}$ ) en función de las especies; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	211
Cuadro 85A. Eficiencia en el uso del agua ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) en función de las especies; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	211
Cuadro 86A. Eficiencia en el uso del agua ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	212
Cuadro 87A. Eficiencia en el uso del agua ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) en función de los niveles de humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	212
Cuadro 88A. Eficiencia en el uso del agua ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	213
Cuadro 89A. Eficiencia en el uso del agua ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ) en función de la interacción especies por humedad; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994. ....	213
Cuadro 90A. Cuadrados medios y significancia estadística para antesis, altura de planta, panículas cosechadas, longitud de panícula y peso de 100 semillas; experimento 1. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	214
Cuadro 91A. Cuadrados medios y significancia estadística para antesis, altura de planta, panículas cosechadas, longitud de panícula y peso de 100 semillas; experimento 2. Estimación de la eficiencia en el uso del	

agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	215
Cuadro 92A. Comparación de promedios de características agronómicas. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994.....	216
Cuadro 93A. Cuadrados medios y significancia estadística para índice de cosecha (I.C.) y rendimiento de grano (Rend.) Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	216
Cuadro 94A. Comparación de promedios de índice de cosecha entre especie, humedad e interacción. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N.L., 1994 .....	217
Cuadro 95A. Comparación de promedios de rendimiento de grano entre especie, humedad e interacción. Estimación de la eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Marín, N. L., 1994. ....	217

## **RESUMEN**

Con el propósito de estudiar la eficiencia fotosintética y del uso del agua en maíz, mijo y sorgo en dos ambientes de humedad del suelo, en 1994 se condujeron dos experimentos en campo en Marín, N.L., México.

Para lograr lo anterior se obtuvieron diferentes índices fisiotécnicos a partir de un análisis de crecimiento. Además, se realizaron mediciones instantaneas de intercambio gaseoso con un analizador de gases en el infrarrojo LI-COR 6200. Las mediciones se hicieron a nivel de hoja individual a través del ciclo de los cultivos. Se estimó la tasa fotosintética y transpirativa; la eficiencia en el uso del agua se obtuvo de la relación fotosíntesis/transpiración.

El comportamiento del peso seco y del área foliar fue diferente entre las especies y varió de acuerdo a la condición hídrica de suelo, esto se reflejó en la expresión de los índices fisiotécnicos. Así, el maíz acumuló mayor peso seco y área foliar; sin embargo, se afectó en mayor grado cuando los potenciales hídricos del suelo fueron más bajos; el efecto de bajos potenciales hídricos del suelo sobre el sorgo y el mijo fue menor.

La mayor eficiencia en la producción de materia seca y por lo tanto de su actividad fotosintética correspondió al mijo, ya que mostró los valores más altos en la tasa relativa de crecimiento (TRC) y en la tasa de asimilación neta (TAN). Además, cuando se encontró interacción de las especies con la humedad del suelo dicho cultivo mostró estabilidad en algunos de los índices como en el índice de áreaa foliar (IAF) y en la duración del área foliar (DAF).

Con respecto a la asimilación de CO<sub>2</sub>, el sorgo y el mijo mostraron mayor capacidad de fijación; por lo tanto, sus tasas fotosintéticas fueron muy superiores a las mostradas por el maíz, tanto en riego como en temporal. Así, por ejemplo, la tasa fotosintética del mijo se redujo en un 3.9% comparada con el 52% en sorgo y con un 80% en maíz en las mediciones que se realizaron cuando el potencial hídrico del suelo fué más contrastante entre riego y temporal.

Similar comportamiento se observó en la tasa de pérdida de vapor de agua; la manifestación de esto fue la mayor eficiencia en el uso del agua (EUA) a favor del sorgo y del mijo, puesto que esta se redujo en 1.6% por mijo, 28.5% en sorgo, y de un 58% en maíz.

La diferencia entre las especies también se manifestó en términos de rendimiento de grano así, como en la eficiencia para producirlo, medido a través del índice de cosecha (IC). Así, la producción de grano obtenida por el maíz fue menor, la cual se vió más abatida en el ambiente de temporal hasta en 78% comparada con mijo y sorgo; el IC, fue menor en maíz y se redujo en mayor grado en temporal.

## **SUMMARY**

Two experiments were planted in 1994 with corn, sorghum and millet. The objectives were: 1) to estimate the photosynthesis efficiency, 2) to estimate the water use efficiency, and 3) to do a growth analysis in these three crops. The experiments were planted under two moisture conditions in Marín, N.L.; México.

To achieve these objectives, different physiological indexes were estimated from a growth analysis; several CO<sub>2</sub> gas exchange were performed with a LI-COR-6200 infrared gas analyzer throughout the growing season. The samples used were individual leaves from each crop. The measurements were used to estimate rate of photosynthesis and transpiration. The water use efficiency was estimated from the following expression:  $WUE = \text{rate of photosynthesis} / \text{rate of transpiration}$ .

Dry weight and leaf area behaved different among species. It changed with the moisture condition in the soil. Consequently, this effect was shown on the physiological indexes expression. Corn had the highest expression in dry weight and leaf area under full irrigation. However, this crop was the most sensitive to changes in the moisture condition in the soil.

The highest efficiency in dry matter production and photosynthesis activity was for millet. This crop also showed the highest values for relative growth rate (RGR) and net assimilation rate (NAR). Millet was stable through moisture conditions for leaf area index (LAI) and leaf area duration (LAD).

Sorghum and millet showed high capacity to fix CO<sub>2</sub>. Furthermore, the photosynthesis rate of these two crops were higher than corn under full irrigation

and dryland conditions. The photosynthesis rate in millet decreased 3.9% from full irrigation to dryland; sorghum showed 52% reduction in these two moisture conditions; and in corn the reduction was up to 80%. These measurements were made when the water potential in the soil was different between full irrigation and dryland.

The water use efficiency behave similar to photosynthesis rate: It decreased 1.6% from full irrigation to dryland in millet, for sorghum decreased 25.5% and for corn, the reduction was 58.0%.

The difference between species was also shown for grain weight and harvest index. Grain weight for corn in dryland was 78% lower than under full irrigation. The difference was higher than the ones for sorghum and millet. Harvest index in corn was low in full irrigation and decrease more than for sorghum and millet under dryland.