

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Estimación del requerimiento hídrico de cuatro pastos
mediante el uso de lisímetros bajo condiciones de El
Zamorano, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por

Fernando Gustavo Huamán Febres – Cordero

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2005

El autor concede a Zamorano permiso
Para reproducir y distribuir copias de este
Trabajo para fines educativos. Para otras personas
Físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Fernando Gustavo Huamán Febres - Cordero

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2005

Estimación del requerimiento hídrico de cuatro pastos mediante el uso de lisímetros bajo condiciones de El Zamorano, Honduras

Presentado por:

Fernando Gustavo Huamán Febres - Cordero

Aprobada:

Francisco Álvarez, MAE.
Asesor Principal

Abelino Pitty, Ph. D.
Director Interino Carrera de
Ciencia y Producción
Agropecuaria

Miguel Vélez, Ph. D.
Asesor

George Pilz Ph. D.
Decano Académico

Gloria Arévalo de Gauggel, MSc.
Asesora

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

John Jairo Hincapié, Ph. D.
Coordinador Área Temática
Zootecnia

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO.

A mi padre Rafael por ser un ejemplo a seguir y enseñarme a luchar por lo que quiero.

A mi madre Alexandra por el amor incondicional que me ha dado en toda mi vida.

A mi hermano Rafael por apoyarme incondicionalmente.

A mi padrino Frank por tenerme paciencia y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por darme fuerza y paciencia para sobrepasar todas las pruebas en mi camino y darme la fuente de inspiración para todo mi trabajo: a mi familia.

A mis padres por tener el apoyo que necesite durante esta etapa de mi vida.

A mi hermano Rafael por darme la oportunidad de tenerlo conmigo y apoyarme en todo momento y forma posible.

A mi padrino el Ing. Francisco Álvarez por brindarme su amistad y el apoyo incondicional para realizar este ensayo.

Al Dr. Miguel Vélez y a la Ing. Gloria Arévalo por la ayuda y consejos que me brindaron para la realización de este documento.

Al Dr. Isidro Matamoros por su paciencia y comprensión.

Al Dr. Raúl Espinal por sus enseñanzas.

A Manuel Aspiazu, Alejandro Coello, Marcela Martínez, Fausto Plaza, Verónica Andrade, Erika Cabanilla y por su apoyo y franca amistad.

A mi inolvidable amiga Andrea Gernat por ser mi inspiración y mi fuerza.

A todos mis compañeros por compartir momentos gratos a lo largo de mi trayectoria.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron con la ejecución de este trabajo.

A ZAMORANO por enseñarme que en la vida nada es fácil y que uno si quiere lo consigue.

RESUMEN

Huamán, F. 2005. Estimación del requerimiento hídrico de cuatro pastos mediante el uso de lisímetros bajo condiciones de El Zamorano, Honduras. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria, El Zamorano, Honduras. 17 p.

Las variaciones en el clima dan como resultado la necesidad de una mejor administración del recurso agua en el uso agrícola. Para tener condiciones óptimas en el crecimiento y producción de un cultivo es necesario conocer la disponibilidad y requerimiento de agua. Cada cultivo difiere en el consumo de agua, evapotranspiración, según su naturaleza y el estado fisiológico. Para este estudio se usó un método directo de estimación llamado lisímetro, que permite medir directamente la evapotranspiración de los cultivos bajo condiciones similares de suelo y vegetación de El Zamorano, Honduras. Se utilizaron los siguientes pastos: *Brachiaria* (híbrido Mulato), *Digitaria eriantha* (Transvala), *Panicum maximum* (Tobiatá) y *Cynodon nlemfuensis* (Estrella), todos cultivados en El Zamorano. Se instalaron cuatro lisímetros por parcela, en cuatro parcelas, una por cada pasto. En el fondo de cada lisímetro se colocó una capa de grava de 15 cm seguida de una capa de arena de 10 cm; el volumen restante se completó con una mezcla de tierra de los potreros de El Zamorano con estiércol de cabra, con textura franco arenosa. El drenaje se midió diariamente, a las 6:00 pm. Se utilizó el método del balance hídrico para evaluar las entradas: precipitación (P) y el riego suministrado (R) y las salidas el drenaje (D). La humedad del suelo se mantuvo entre los 10 y 30 centibares, monitoreada mediante el uso de tensiómetros, ubicados a 15 y 30 cm de profundidad. Se midió la producción de materia seca MS en cada corte, cuatro cortes, con un intervalo de 21 días. No se encontró diferencia significativa en la producción de MS entre los distintos pastos; el pasto de mayor producción fue el *Digitaria eriantha* (Transvala) con 364 kg/ha/día de MS y el de menor *Panicum maximum* (Tobiatá) con 274 kg/ha/día de MS. La ETc semanal aumento con el desarrollo vegetativo del pasto, en (Estrella) fue de 23, 36, 37 mm; en Tobiatá de 22, 37, 39 mm; en Transvala de 21, 39, 41 mm y en Mulato de 19, 36, 39 mm para la primera, segunda y tercera semana respectivamente. No se encontró correlación entre la producción de MS y la ETc. El Kc aumentó, para todos los pastos, fueron de 0.94, 1.29, 1.42 para la primera, segunda y tercera semana respectivamente, estos Kc son superiores a los reportados por (Doorenbos y Pruitt 1977), pero inferiores a los reportados por Plaza 2004.

Palabras clave: Evapotranspiración, Kc, *Brachiaria* (híbrido Mulato), *Digitaria eriantha* (Transvala), *Panicum maximum* (Tobiatá) y *Cynodon nlemfuensis* (Estrella).

TABLA DE CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen	vi
Contenido	vii
Indice de Cuadros	viii
Indice de figuras	ix
Indice de Anexos	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	2
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
2.1. LOCALIZACIÓN	4
2.2. PASTURAS.....	4
2.3. LISÍMITROS.....	4
2.4. TENSÍOMETROS.....	5
2.5. CORTE DE LOS PASTOS	5
2.6. SUELO Y FERTILIZACIÓN	5
2.7. BALANCE HIDRICO.....	6
2.8. VARIABLES ANALIZADAS.....	7
2.9. DISEÑO EN CAMPO	7
2.10 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	7
3. RESULTADOS Y DISCUCIÓN	8
4. CONCLUSIONES	13
5. RECOMENDACIONES	14
6. BIBLIOGRAFIA	15
7. ANEXOS	17

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Composición química del sustrato utilizado en el estudio Zamorano, 2005.....	5
2.	Producción de materia seca (kg/ha/día) en cortes cada 21 días en el ensayo y en otros estudios en Zamorano, Honduras.....	8
3.	Comparación de la producción de MS (kg/ha/día) entre cortes cada 21 días en El Zamorano, Honduras.	9
4.	Comparación de la producción de MS (kg/ha/día) entre pastos cada 21 días en El Zamorano, Honduras.....	9
5.	Requerimiento hídrico, por semana y total (ETc) en mm.	10
6.	Coeficiente de cultivo (Kc) usando ETo.....	10
7.	Comparación entre semanas del ciclo del cultivo (Kc)	11
8.	Comparación entre pastos del Coeficiente de cultivo (Kc) por semanas del ciclo del cultivo... ..	11
9.	Comparación del coeficiente de cultivo (Kc) con los reportados en literatura	12
10.	Coeficiente de transpiración, litros de agua por kilogramo de materia seca producida... ..	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1. Representación de un lisímetro instalado en Zamorano, Honduras 4

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Porcentaje de humedad de cada pasto/ciclo tomado por cortes cada 21 días..... 17

1. INTRODUCCIÓN

El Zamorano posee un clima tropical y la temperatura promedio varía entre 18 y 29° C. Hay dos estaciones climáticas: la temporada de lluvias que se extiende de mayo a octubre y la temporada seca, de noviembre a abril. La canícula es un veranillo que se presenta dentro del periodo de lluvias y es causado por el anticiclón de las Bermudas (Zúñiga 1978), que se da entre los meses de julio y agosto.

Estos cambios anuales en la temperatura y la precipitación dan como resultado la necesidad de mejorar la administración del recurso hídrico para que los cultivos puedan desarrollarse en óptimas condiciones. La cantidad de agua de riego aplicada debe ser suficiente para obtener el establecimiento de la planta; las dosis específicas de riego y la frecuencia de aplicación de agua dependerán del clima, las condiciones del suelo (suelos arcillos versus suelos arenosos), la densidad de vegetación deseada y la necesidad de agua por parte de las especies vegetativas (Uso de riego 1999).

Para tener condiciones óptimas para el crecimiento de un cultivo es necesario conocer la disponibilidad y requerimiento de agua. Cada cultivo difiere en el consumo de agua según su naturaleza y el estado fisiológico. El riego consiste en reponer el agua que se evapora más lo que consume el cultivo. La evapotranspiración es el agua evaporada desde la superficie de plantas y suelo, más aquella transpirada por las plantas (Hargreaves 2000) y se puede medir con diversos métodos directos e indirectos pero el factor del cultivo que modifica el consumo de agua se debe conocer a través del uso de lisímetros. La palabra misma significa “disolver y medir” y sirve para medir la velocidad, cantidad y composición del agua que percola en un medio poroso. Los lisímetros se diseñan de forma que se anula la escorrentía, de modo que toda el agua que entra al sistema suelo-agua-planta se queda para contribuir al relleno de los poros del suelo permitiendo la infiltración una vez superada la capacidad de campo (Tuñon *et al.* 1990).

La evaporación del agua del suelo por la atmósfera, tiene una gran importancia en la agronomía para aprovechar o predecir el comportamiento del agua en el suelo (Giradles *et al.* 1990). En la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano el método de estimación utilizado es el Evaporímetro de cubeta de clase A que permite calcular la ETo (Evapotranspiración).

$$ET_0 = K_p * E_0$$

ET₀ = evapotranspiración de referencia en mm/día

K_p = coeficiente de tanque que depende de las condiciones de cobertura del suelo donde se ubica el tanque, velocidad del viento y humedad relativa.

E₀ = evaporación; en tanque Clase A en mm/día

La Escuela Agrícola Panamericana tiene distintos sistemas de riego y su uso adecuado ayudará a tener una producción óptima y por ende un ahorro en las inversiones de los mismos.

1.1. ANTECEDENTES

Para que los forrajes tengan una alta calidad en su contenido nutricional y aporten en la alimentación de la ganadería de carne y leche, necesitan un buen régimen de riego y una buena administración del recurso hídrico para que así se pueda producir forraje suficiente todo el año.

El pasto Mulato es un híbrido de *Brachiaria* originario de un cruce del *Brachiaria ruziziensis* clon 44-6 x *Brachiaria brizantha* CIAT 6297. Es perenne, vigoroso, de hábito amacollado, decumbente y estolonífero, con una alta capacidad de establecimiento (CIAT 2001). Se adapta a condiciones de trópico húmedo y sub-húmedo, en alturas de 0 hasta 1800 msnm y precipitaciones de 800 a 1800 mm, requiere suelos de mediana fertilidad, con buen drenaje natural, se adapta desde suelos ácidos hasta alcalinos (pH de 4.2 – 8), y produce mas de 70 kg/MS/ha/día (Pasturas de América 1999). El mulato posee buenas características nutricionales, contiene de 14 a 16% de proteína cruda con una digestibilidad de hasta 62 %.

El *Digitaria eriantha* (Transvala) es nativo del África Oriental y del Sur, es muy palatable, resistente a la sequía y se adapta muy bien a regiones con precipitaciones superiores a 500 mm (Skerman y Riveros, 1992). Murillo Cabrera (1990) en El Zamorano encontró una producción de 33, 48 y 59 kg de MS/ha/día con 100, 200 y 300 kg de N/ha/año, respectivamente.

El *Panicum maximum* (tobiatá) es otra especie nativa de África tropical y subtropical y es usada ampliamente en las Indias Occidentales, Sudamérica, el Sudeste de Asia y las Filipinas. Se adapta bien de 0 a 1000 msnm; su rendimiento y persistencia se ven afectados a elevaciones mayores a 1200 msnm (Skerman y Riveros, 1992). La variedad (Tobiatá) fue seleccionada en Brasil y se caracteriza por su elevada producción y buena palatabilidad; el rendimiento oscila entre 103 y 122 kg/ha/día de MS (Maschietto, 2000). En El Zamorano la producción es mayor en la época seca con riego, produciendo diariamente 133 kg de MS/ha/día, mientras que en época lluviosa produce 75 kg; el contenido de proteína cruda es de 13.6% en la época lluviosa y de 11.7% en la época seca (Vila Ramazzini, 2000).

El *Cynodon nlemfuensis* (estrella) es de tipo rastrero y es usado frecuentemente para henificación, resiste la sequía, el sobrepastoreo y los suelos ácidos; su propagación es vegetativa (Rodríguez, 2000). Alcanza producciones de 10 a 45 tm de MS/ha/año; en Venezuela en una zona de vida de bosque seco tropical se obtuvieron 125kg MS/ha/día en periodos de 18 días (Garcia *et al.* 1994).

El presente estudio es la continuación del desarrollado por Plaza (2004) quien encontró que los valores de Kc promedios para cada semana del cultivo fueron 1.25 para (Tobiatá), 1.65 para (Transvala) y 1.91 para el (Mulato). La FAO hace referencia a valores de 0.5,

1.05 y 1.15 en la primera, segunda y tercera semana del cultivo. Plaza (2004) observó un incremento en los valores de Kc a partir de la primera semana durante las tres semanas de evaluación de cada corte, esto se debe a la falta de cobertura después de la cosecha del cultivo, lo cual permite una alta evaporación del agua en el suelo. El experimento de Plaza se realizó del 30 de mayo al 13 de julio del 2004 con tres cortes de pasto. El presente estudio se realizó para continuar la evaluación iniciada por Plaza de los valores Kc y para tener resultados mas precisos se incrementó el número de cortes; además se sustituyó el *Andropogon gayanus* (Andropogon) por el *Cynodon nlemfuensis* (Estrella).

El objetivo de este estudio fue estimar el requerimiento hídrico, mediante el uso de lisímetros, de los pastos *Brachiaria sp.* (híbrido Mulato), *Digitaria eriantha* (Transvala), *Panicum maximum* (Tobiatá) y *Cynodon nlemfuensis* (Estrella) usados en El Zamorano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo se realizó en El Zamorano, Honduras, al sudeste de Tegucigalpa, a 800 msnm, 14°N y 87°O, con una precipitación promedio anual de 1100 mm y una temperatura promedio de 24°C, en cuatro parcelas ubicadas al frente del edificio de Citesgran, con una extensión de 144 m².

2.2 PASTURAS

Se utilizaron cuatro pastos: *Brachiaria* (híbrido Mulato), *Digitaria eriantha* (Transvala), *Panicum maximum* (Tobiatá) y *Cynodon nlemfuensis* (Estrella).

2.3 LISÍMETROS

Se instalaron 16 lisímetros, cuatro en cada parcela de 45 m² con pasto sembrado alrededor. El lisímetro consistió en un recipiente plástico con un diámetro de 55 cm y una profundidad de 62 cm. En el fondo del lisímetro se colocó una capa de grava de 15 cm, sobre esta una de arena, de 10 cm, con el fin de que ambas capas filtraran el agua de drenaje para evitar taponamientos; el resto de recipiente, 37 cm, fue llenado con suelo (Figura 1). A cada lisímetro se le instaló una tubería de drenaje conectada a un recipiente donde se que capturó el agua de exceso para su posterior medición.

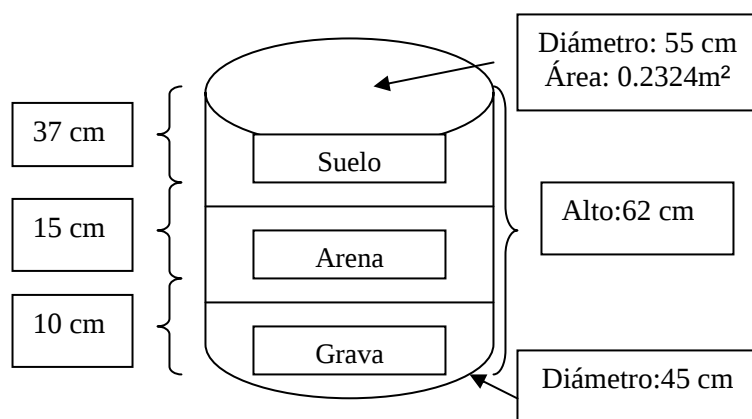


Figura 1. Representación de un lisímetro instalado en El Zamorano, Honduras.

2.4 TENSÍOMETROS

Se instalaron dos tensiómetros, dentro de un lisímetro por parcela, a 15 y 30 cm de profundidad en el suelo para monitorear la humedad en la zona radicular. El tensiómetro IRROMETER consiste en un tubo sellado lleno de agua equipada con un medidor de vacío y una punta porosa; por su principio único, no tiene que calibrarse para distintos tipos de suelo y trabaja con exactitud igual en arena que en arcilla o cualquier sustrato o mezcla de textura variable (IRROMETER 2004)

La humedad del suelo se mantuvo a una tensión no menor a 10 centibares ni mayor a 32 centibares. Al acercarse la lectura a 32 centibares, se aplicó riego con el fin de mantener el cultivo a una humedad uniforme.

2.5 CORTE DE LOS PASTOS

Se realizaron cuatro cortes con intervalos de 21 días cada uno. La recolección de datos inició el 12 de mayo y concluyó el 4 de agosto del 2005.

2.6 SUELO Y FERTILIZACIÓN

En el estudio se utilizó un sustrato compuesto por la tierra de los potreros de El Zamorano y estiércol de cabra. La textura de esta mezcla se evaluó en el Laboratorio de Suelos de El Zamorano por el método de Bouyoucos, y se clasificó como franco arenoso. El análisis químico del sustrato muestra que su contenido de nutrientes es alto en todos los elementos analizados en comparación con el rango adecuado, lo cual puede incrementar el rendimiento total del cultivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química del sustrato utilizado en el estudio Zamorano, 2005.

pH (H ₂ O)	% M.O.	% N _{total}	mg/kg (Extractable)			
			P	K	Ca	Mg
7.13	8.59	0.43	476	2480	3090	490
Rango adecuado [¶]	2 - 4	0.2 - 0.5	13 - 30	150 - 280	1000 - 2500	180 - 250

[¶] Rango adecuado utilizado por el Laboratorio de Suelos de la E.A.P., Zamorano, Honduras.

Para asegurar un buen crecimiento de los pastos las parcelas fueron fertilizadas con una aplicación recomendada por el Laboratorio de Suelos de El Zamorano, de 200, 151 y 158 Kg/ha/año de nitrógeno, fósforo (P₂ O₅) y potasio (K₂ O), respectivamente aplicados después de cada corte. Estos nutrientes fueron aplicados con los fertilizantes DAP, KCl y Urea, el mismo día del corte.

2.7 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico es la evaluación volumétrica de las entradas y salidas de agua a un sistema para conocer su disponibilidad (García 1990). Las entradas fueron la precipitación (P) y el riego suministrado (R), las salidas estuvieron representadas por el drenaje (D). Se consideró al volumen de agua retenido como el Agua Aprovechable, es decir, el volumen de agua entre Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente; por último, se consideró, para fines de este estudio, que el 50% del Agua Aprovechable es en verdad disponible para la planta.

La evapotranspiración del cultivo se puede representar con la siguiente fórmula:

$$ET_c = (P + R - D) A_p$$

ET_c: Evapotranspiración del cultivo (mm)

P: Precipitación (mm)

R: Riego (mm)

D: Drenaje (mm)

A_p: Agotamiento Permisible

El factor (K_c) depende del cultivo y su etapa fenológica y se determinó mediante la fórmula:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

Donde:

ET_c es la evapotranspiración del cultivo en mm y es la combinación entre la evaporación de un líquido de una superficie y la transpiración como consecuencia de la eliminación por evaporación de una parte del agua absorbida por las plantas (Castillo y Sentis 1996)

ET_o es la tasa de evapotranspiración en mm de una superficie de pasto (grama) verde, de 8 cm a 15 cm de altura, en crecimiento activo, que sombrea completamente la superficie del suelo y que no sufre escasez de agua (Doorenbos y Pruitt 1977)

K_c es el coeficiente del cultivo, que indica la demanda máxima de agua por parte del cultivo en cada etapa fenológica así como en su ciclo vegetativo completo y depende en cierta medida de la velocidad del viento y la humedad relativa (Doorenbos y Kassam 1980).

Este coeficiente se obtiene al sumar la transpiración (afectada por el área foliar, estructura de las hojas, y exposición, comportamiento estomático y la eficiencia del sistema radical para absorber el agua) y la evaporación del suelo, y es diferente para cada etapa del cultivo (Saavedra 1990).

2.8 VARIABLES ANALIZADAS

2.8.1 Producción de materia seca (MS) (kg/ha/día). Se realizaron cuatro cortes con un intervalo de 21 días. Esto sirvió para obtener resultados en la cantidad de MS de cada pastura.

2.8.2 Coeficiente de cultivo (Kc) promedios por semana del ciclo del cultivo. Se calculó el volumen de agua evapotranspirado y se sacaron promedios por semana.

2.8.3 Coeficiente de transpiración. Se determinó el volumen de agua necesario (l) para producir un kg de MS.

2.8.4 Requerimiento hídrico (ETc). Se midió el total del requerimiento hídrico durante las tres semanas del ciclo del cultivo y se compararon las diferencias entre los pastos.

2.9 DISEÑO EN CAMPO

Se evaluaron los cuatro pastos, *Brachiaria* (híbrido Mulato), *Digitaria eriantha* (Transvala), *Panicum maximum* (Tobiatá) y *Cynodon nlemfuensis* (Estrella), cada pasto se sembró en una parcela de 45 m² y en cada una se instalaron cuatro lisímetros en serie, sembrados con el respectivo pasto rodeados con la misma pastura sembrado alrededor. Cada lisímetro se tomó como una repetición. Las parcelas se instalaron una seguida de la otra.

2.10 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA) con un nivel de significancia exigido de ($P < 0.05$). Todos los datos se obtuvieron del programa SAS® (2002).

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias en la producción de materia seca (MS) entre los pastos ($P>0.05$). Sin embargo el pasto Transvala presentó una producción ligeramente mayor que los demás pastos y el pasto Tobiatá una producción más baja. En el presente estudio se encontró una producción promedio mayor a la encontrada en estudios anteriores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de materia seca (kg/ha/día) en cortes cada 21 días en el ensayo y en otros estudios en El Zamorano, Honduras.

Pastos	Cortes				Promedio	Comparación Con otros Estudios
	1	2	3	4		
Estrella	324 ± 147	408 ± 73	232 ± 60	256 ± 57	305 ± 84	125 ^o
Tobiatá	104 ± 24	542 ± 260	117 ± 55	333 ± 121	274 ± 115	96 ¹
Transvala	260 ± 26	652 ± 330	330 ± 149	213 ± 40	364 ± 136	104 ¹
Mulato	156 ± 112	710 ± 124	124 ± 53	156 ± 75	287 ± 91	118 ¹

Datos de: ^o García *et al.* 1994. ¹ Plaza, 2004.

El alto contenido de nutrientes del sustrato, el riego frecuente, el buen drenaje presente en cada lisímetro y las altas dosis de fertilización resultaron en rendimientos superiores a los de los potreros de El Zamorano, en los cuales el drenaje y los suelos hacen más difícil manejar los pastos.

Todos los pastos variaron su producción entre cortes ($P<0.05$). El pasto Estrella presentó una mayor producción de MS en el segundo corte con 408 (kg/ha/día), esto es diferente a la producción medida en el tercer corte ya que se obtuvo una producción baja de 232 (kg/ha/día). El pasto Tobiatá obtuvo una producción superior en el segundo corte con 542 (kg/ha/día), esto difiere con el primer corte ya que hubo un rendimiento bajo de producción de 104 (kg/ha/día). Para el caso de Transvala y Mulato sus rendimientos fueron altos en el segundo corte con 652 y 710 (kg/ha/día) respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de la producción de MS (kg/ha/día) entre cortes cada 21 días en El Zamorano, Honduras.

Pastos	Cortes*			
	1	2	3	4
Estrella	324 ^a ± 147	408 ^a ± 73	232 ^b ± 60	256 ^a ± 57
Tobiatá	104 ^b ± 24	542 ^a ± 260	117 ^b ± 55	333 ^a ± 121
Transvala	260 ^b ± 26	652 ^a ± 330	330 ^b ± 149	213 ^b ± 40
Mulato	156 ^b ± 112	710 ^a ± 124	124 ^b ± 53	156 ^b ± 75

*Promedios en la misma fila con letras distintas difieren entre sí (P<0.05)

Estos resultados en producción se dan ya que en ciertas temporadas hubo una mayor precipitación que en otras. El crecimiento de MS varía según las condiciones climáticas y las diferencias entre los pastos en captación de los nutrientes y el requerimiento hídrico (Cuadro 3 y 4).

En el primer corte sí hubo diferencias significativas entre los pastos (P<0.05), siendo los pastos Estrella y Transvala los de mayor producción con 324 y 260 (kg/ha/día) respectivamente. Para el segundo corte no se observan diferencias significativas entre los cuatro pastos, aunque el pasto Mulato presentó una producción mayor que los otros pastos 710 (kg/ha/día). Para el tercer, al igual que el primer corte, los pastos Estrella y Transvala mantienen una producción más alta que los otros pastos con 232 y 330 (kg/ha/día). En el cuarto corte el pasto Mulato presentó el menor rendimiento con 156 (kg/ha/día), en los otros pastos no se observaron diferencias significativas.

Cuadro 4. Comparación de la producción de MS (kg/ha/día) entre pastos cada 21 días en El Zamorano, Honduras.

Pastos	Cortes*			
	1	2	3	4
Estrella	324 ^a ± 147	408 ^a ± 73	232 ^a ± 60	256 ^a ± 57
Tobiatá	104 ^c ± 24	542 ^a ± 260	117 ^b ± 55	333 ^a ± 121
Transvala	260 ^a ± 26	652 ^a ± 330	330 ^a ± 149	213 ^a ± 40
Mulato	156 ^b ± 112	710 ^a ± 124	124 ^b ± 53	156 ^b ± 75

*Promedios en la misma columna con letras distintas difieren entre sí (P<0.05)

El requerimiento hídrico (ET_c) semanal aumentó con el desarrollo vegetativo del pasto, debido a que al crecer el pasto incrementa su área foliar, y por tanto su evapotranspiración. No se encontró diferencia (P>0.05) en el requerimiento hídrico de los diferentes pastos, el pasto Transvala presentó un requerimiento total de agua ligeramente mayor (101 mm) (Cuadro 5). No se encontró una correlación (P<0.05) entre la producción

de materia seca (MS) y el requerimiento hídrico (ETc) de los pastos, contrario a lo encontrado por Plaza (2004), quien encontró una correlación de 0.338.

Cuadro 5. Requerimiento hídrico, por semana y total (ETc) en mm.

Pastos	Semanas del ciclo del cultivo			Total	Comparación con otros Estudios ¹
	1	2	3		
Estrella	23 ± 4	36 ± 5	37 ± 8	96	
Tobiatá	22 ± 3	37 ± 5	39 ± 9	98	106
Transvala	21 ± 3	39 ± 4	41 ± 11	101	136
Mulato	19 ± 4	36 ± 5	38 ± 7	93	160
Promedio	21 ± 4	37 ± 5	39 ± 9	97	

¹ Plaza, 2004.

El coeficiente de cultivo Kc, se ve afectado por la transpiración de la planta y la evaporación del suelo y depende principalmente del tipo de cultivo y de la etapa misma. En el estudio, el Kc aumentó semanalmente hasta la tercera semana (Cuadro 6), en la cual se realizó el corte. Esto se debe a que los pastos incrementan su área foliar con el paso del tiempo (Cuadro 7). Esta tendencia de crecimiento no se mantiene, ya que cuando el pasto alcanza su etapa adulta y empieza a marchitarse, el Kc disminuye, ya que se tiene en el campo materia seca que deja de crecer y que evapotranspira menos que en las etapas de crecimiento vegetativo (Hargreaves 2000).

El pasto Transvala presentó el mayor Kc promedio 1.26 y el pasto Mulato presentó el menor Kc 1.17 (P<0.05) (Cuadro 6). Esto se debe a que el pasto Transvala produjo más materia seca que el pasto Mulato, por lo que sus requerimientos hídricos son mayores.

Cuadro 6. Coeficiente de cultivo (Kc) usando ET_o.

Pastos	Semanas del ciclo del cultivo*			Promedio
	1	2	3	
Estrella	0.99 ± 0.10	1.25 ± 0.10	1.35 ± 0.15	1.19 bc ± 0.12
Tobiatá	0.98 ± 0.15	1.29 ± 0.12	1.44 ± 0.14	1.23 ab ± 0.14
Transvala	0.94 ± 0.09	1.35 ± 0.12	1.50 ± 0.18	1.26 a ± 0.13
Mulato	0.85 ± 0.15	1.27 ± 0.13	1.40 ± 0.19	1.17 c ± 0.16
Promedio	0.94 ± 0.12	1.29 ± 0.12	1.42 ± 0.17	1.21 ± 0.14

*Promedios en la misma columna con letras distintas difieren entre sí (P<0.05)

Hubo diferencias ($P < 0.05$) en los valores de Kc, al comparar las tres semanas del ciclo del cultivo para un mismo pasto (Cuadro 7), observándose una tendencia clara a incrementar el valor de Kc de la primera a la tercera semana.

Cuadro 7. Comparación entre semanas del ciclo del cultivo del (Kc)

Pastos	Semanas del ciclo del cultivo*		
	1	2	3
Estrella	$0.99^c \pm 0.10$	$1.25^b \pm 0.10$	$1.35^a \pm 0.15$
Tobiatá	$0.98^c \pm 0.15$	$1.29^b \pm 0.12$	$1.44^a \pm 0.14$
Transvala	$0.94^c \pm 0.09$	$1.35^b \pm 0.12$	$1.50^a \pm 0.18$
Mulato	$0.85^c \pm 0.15$	$1.27^b \pm 0.13$	$1.40^a \pm 0.19$

*Promedios en la misma fila con letras distintas difieren entre sí ($P < 0.05$)

Existieron diferencias ($P < 0.05$) entre los pastos por semana. En la primera semana el pasto con menor Kc fue el Mulato con 0.85 y en la tercera semana fue el Estrella con 1.35. En la segunda semana no se observaron diferencias en el valor de Kc entre los cuatro pastos (Cuadro 8). Estas diferencias se deben principalmente a que el consumo de agua para el Mulato en la primera semana fue bajo y la misma situación ocurrió en el Estrella en la tercera semana del ciclo del cultivo.

Cuadro 8. Comparación entre pastos del Coeficiente de cultivo (Kc) por semanas del ciclo del cultivo.

Pastos	Semanas del ciclo del cultivo*		
	1	2	3
Estrella	$0.99^a \pm 0.10$	$1.25^a \pm 0.10$	$1.35^b \pm 0.15$
Tobiatá	$0.98^a \pm 0.15$	$1.29^a \pm 0.12$	$1.44^a \pm 0.14$
Transvala	$0.94^a \pm 0.09$	$1.35^a \pm 0.12$	$1.50^a \pm 0.18$
Mulato	$0.85^b \pm 0.15$	$1.27^a \pm 0.13$	$1.40^a \pm 0.19$

*Promedios en la misma columna con letras distintas difieren entre sí ($P < 0.05$)

Al calcular el promedio semanal de los pastos utilizados, se encontró que los datos obtenidos en este estudio son menores que los obtenidos por Plaza (2004) quien reportó 1.28, 1.52 y 1.89 Kc por semana respectivamente; y mayores que los reportados por la (Doorenbos y Pruitt 1977) para los mismos pastos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación del coeficiente de cultivo Kc con los reportados en literatura.

Semanas	Lisímetros	Plaza (2004)	Doorenbos y Pruitt (1977) ¹
1	0.94	1.28	0.5
2	1.29	1.52	1.05
3	1.42	1.89	1.15

¹ Doorenbos y Pruitt 1977

Al evaluar el coeficiente de transpiración, se encontró una diferencia entre los pastos ($P < 0.05$), el pasto Tobiata presentó el mayor coeficiente de transpiración con 229 L/kg de MS y el pasto Transvala el menor con 156 L/kg de MS. Sin embargo, los promedios obtenidos, son menores a los reportados por Plaza (2004) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Coeficiente de transpiración, litros de agua por kilogramo de materia seca producida.

Pastos	Cortes				Promedio	Comparación Con otros estudios ¹
	1	2	3	4		
Estrella	127 ± 27	112 ± 32	199 ± 50	189 ± 76	157 b ± 46	
Tobiata	395 ± 110	89 ± 33	369 ± 81	63 ± 22	229 a ± 157	523
Transvala	167 ± 42	81 ± 34	132 ± 35	245 ± 105	156 b ± 54	670
Mulato	275 ± 64	65 ± 26	347 ± 104	290 ± 127	244 a ± 128	655

Promedios en la misma columna con letras distintas difieren entre sí ($P < 0.05$)

¹ Plaza, 2004.

4. CONCLUSIONES

Los lisímetros instalados dieron la información necesaria para determinar el requerimiento hídrico de los pastos y el coeficiente de cultivo de los pastos.

Para el pasto Estrella se obtuvo un Kc promedio de las tres semanas de 1.19, el Tobiatá con 1.23, Transvala con 1.26 y por ultimo el Mulato con 1.17. Los promedios semanales de los pastos fueron de 0.94, 1.29 y 1.42 en la primera, segunda y tercera semana respectivamente.

Hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$) en el Kc por semana del ciclo del cultivo ya que fue aumentando para todos los pastos de la primera a la tercera semana.

Se encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$) en el Kc entre pastos por semana del ciclo del cultivo. El pasto de menor Kc en la primera semana fue el Mulato con 0.85 y el Estrella en la tercera semana con 1.35.

No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en el requerimiento hídrico ETc para los cuatro pastos.

Aunque no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) el pasto con mayor producción de MS promedio fue el Transvala con 364 kg/ha/día y el de menor rendimiento fue Tobiatá con 274 kg/ha/día.

Si hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre cortes por pastos para la producción de MS.

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre los pastos en la producción de MS, siendo el Estrella superior en el primer corte con 324, el Mulato en el segundo corte con 710, el Transvala en el tercer corte con 330 y el Tobiatá en el cuarto corte con 333 (kg/ha/día).

El mayor coeficiente de transpiración promedio ($P < 0.05$) lo obtuvo el Tobiatá con 229 L/kg/MS y el de menor el Transvala con 248 L/kg/MS.

La producción de materia seca no esta correlacionada con las necesidades de agua.

5. RECOMENDACIONES

Continuar con el estudio durante los siguientes años para tener tendencias de comportamiento del cultivo por época.

Continuar con el experimento en condiciones de campo.

Determinar los coeficientes de cultivo para cálculos de necesidad hídricas para la producción de cultivos bajo riego.

Realizar el estudio con lisímetros especializados para tener resultados más precisos.

Instalar lisímetros en condiciones extensivos para tener datos representativos para cada zona de producción.

Determinar el requerimiento hídrico de todos los cultivos bajo riego.

6. BIBLIOGRAFIA

Castillo, S; Sentís, F. 1996. Agrometeorología. Madrid, España. 517 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), 2001 (En línea). Primer pasto híbrido del mundo se abre paso en México. Consultado el 06 de Julio de 2005. Disponible en: http://www.ciat.cgiar.org/es/sala_not/boletin_41.htm

Doorenbos, J; Kassam, A.1980. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Roma, Italia. 212 p.

Doorenbos, J.; Pruitt, W. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje 24 Roma, Italia. 195 p.

F. Andres, y F. Bryant, 1989. Manual de pasto y forrajes. Dirección general de investigación pecuaria. Texas Tech University. Peru. 4 p.

García, M.; Sánchez, C.; Colmenarez, J.; Beltrán, E. 1994. Suplementación a pastoreo de *Leucaena leucocephala* en vacas mestizas de doble propósitos en el valle de Ahora, Venezuela. Zootecnia Tropical. 12 (2):205-224

Hargreaves, G.H. 2000. Fundamentos del riego. Un texto de tecnología aplicada para la enseñanza del riego a nivel intermedio. EUA. 195 p.

Giradles, J.V.; Valderlinden, K.; Ten Berge, H.F. 1990. Soil water evaporation under atmospheric control. Transactions of the ASAE (USA) 30(1):20-26

Irrometer Company, 2004. Medicion de la humedad riegos instrucciones. <Http://www.irrometer.com> Consultado 19 Mayo 2005

Maschietto, A. 2000. Sementes A. Maschietto, forrageiras, gramineas, leguminosas (en línea). Brasil, Br. Consultado el 17 de octubre de 2002. Disponible en; <http://www.maschietto.com.br/gramineas.htm> (Portugués)

Murillo Cabrera, V. 1900. Respuesta del pasto Transvala (*Digitaria decumbes*) a varios niveles de fertilización con Nitrógeno y Fósforo. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 26 p.

Pasturas de América. 1999. Excelentes alternativas para producción de carne y leche en zonas tropicales. (En Línea). Consultado 6 de Julio de 2005. Disponible en: <http://www.pasturasdeamerica.com/relatos/mulato.asp#arriba>

Plaza, F. 2004. Determinación del requerimiento hídrico de cuatro pastos mediante el uso de lisímetros bajo condiciones de El Zamorano, Honduras. 19 p.

Rodríguez, J. 2000. Producción de forraje y valor nutritivo del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst). en tres edades de corte. Pasturas Tropicales. Cali. Colombia. Vol 22. 28 p.

Saavedra, A. 1990. El agua en las plantas. Edit Trillas. Mexico. 88 p.

S.A.S 2002. S.A.S. User Guide: Statistics S.A.S. Inst., Inc., Cary, NC.

Skerman, P.; Riveros, F. 1992. Gramíneas Tropicales. FAO. Roma. 884 p.

Tuñon, J.; Moreli, I.; Ferroils, N.S. 1990. Critical revision of leaching measurement methods of nitrate in farming lanas. Transactions of the ASAE (USA) 30(2):42-49.

Uso de riego. 1999. (Archivo de computador) Argentina. Snt. Tomado de:
<http://www.mem.gob.pe/nuevo/usodvege.htm>

Vila Ramazzini, J. 2000. Variaciones estacionales en la producción y composición del pasto Guinea (*Panicum Maximun*) cv. Tobiatá en Zamorano. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 22 p.

Zúñiga, E. 1978. Las variantes del clima tropical Lluvioso en Honduras y las características del clima en el golfo y su Litoral.

7. ANEXOS

Anexo 1. Porcentaje de humedad de cada pasto/ciclo tomado por cortes cada 21 días.

Pastos	Corte				Promedio
	1	2	3	4	
Estrella	74 ± 6	71 ± 9	77 ± 8	76 ± 1	75 ^b ± 6
Tobiatá	84 ± 1	81 ± 13	84 ± 2	78 ± 4	82 ^a ± 5
Transvala	83 ± 7	75 ± 12	77 ± 9	82 ± 1	79 ^{ab} ± 7
Mulato	80 ± 1	80 ± 6	76 ± 7	81 ± 2	79 ^{ab} ± 4

Promedios en la misma columna con letras distintas difieren entre sí (P<0.05)