

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**USO DE FOTOGRAFÍA DIGITAL PARA ESTIMAR MATERIA SECA EN  
GRAMÍNEAS EN EL NORESTE DE COAHUILA**

**POR:**

**GALILEO HERNÁNDEZ MEDINA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Mayo de 2006**

## DEDICATORIA

### A DIOS

Creador supremo de la vida, por su infinita misericordia me cuida en todo momento durante mi estancia en la universidad y por darme la oportunidad de tener a mi familia.

### A MI MADRE

**Sr. Sofía Medina Flores** por su gran apoyo y comprensión, y por el gran amor que me brindas, por creer en mí y por enseñarme que en esta vida todo se puede lograr, gracias a ti por alcanzar esta meta en mi vida.

### A MI ABUELITA

Por enseñarme con el ejemplo del bien ser y brindarme todo su amor y por compartir parte de su vida y consejos en todo momento.

### A MI HERMANA

**Xaman Hernández Medina** por su apoyo incondicional, y por darme ánimos de superación y por creer en mí, Gracias y dios te bendiga.

### A TODOS MIS TIOS, TIAS Y PRIMOS

Por brindarme su apoyo, cariño y comprensión siempre me apoyaron en esta etapa de mi vida como estudiante, muchas gracias a todos.

A los demás miembros de esta gran familia por el apoyo y la misma alegría de siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi "**ALMA MATER**" la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de realizar mi formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento a la M.C. Myrna J. Ayala Ortega por haberme apoyado incondicionalmente en la realización de este trabajo, así como sus consejos y sugerencias para la culminación de este trabajo.

A la M.C. Silvia X. Gonzáles Aldaco por el interés y labor en la realización de la toma de datos de campo, asesoría y sugerencias para la realización de este trabajo.

Al Dr. Heriberto Díaz Solís por su apoyo en la revisión, sugerencias y recomendaciones para la culminación de este trabajo.

A la Dra. Ileana Isabel Hernández Javalera por su apoyo en la revisión, sugerencias y recomendaciones para la culminación de este trabajo.

Al Ing. Lorenzo Castro por haberme apoyado incondicionalmente y dar me una oportunidad sin conocerme en la realización de mi carrera, y no defraudarlo. Le estaré eternamente agradecido. Gracias.

Le agradezco al Sr. Carlos Solers y familia propietarios del rancho "El Pato" por darnos las facilidades y apoyo para la toma de datos de campo para la realización de este trabajo.

Al Sr. Jesús H. Cabrera Hernández (auxiliar de investigación), por su apoyo en la toma de datos.

A la familia Moncada Saavedra, por abrirme las puertas de su casa y brindarme su amistad y confianza en especial a Janett, y hacer de mi estancia en la universidad una etapa de armonía y convivencia en todo este tiempo que estuve lejos de casa.

A mis amigos de generación: Yuridia, Norma, Nora, Antonio (cathi), Raúl Zarate, Rosember, Toño, Noe, Loisiel, Gaby, Alicia, Vicky y todos los demás también, que compartieron cada aventura conmigo en mi estancia en la universidad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	iv
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	vi
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVO</b> .....	2
<b>HIPÓTESIS</b> .....	2
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
Vegetación del Norte de México.....	3
Pastizal .....	4
Factores que determinan la producción de pastizales .....	4
Rendimiento de producción de biomasa .....	5
Métodos para la estimación de biomasa .....	6
Métodos destructivos o directos .....	7
Método de corte .....	8
Doble muestreo .....	8
Métodos no destructivos o indirectos .....	9
Estimación ocular .....	9
Disco medidor (DM) .....	10
Bastón medidor (BM) .....	11
Plato medidor (PM) .....	11

Factores que afectan al momento de la medición de la biomasa .....	12
Aplicaciones de la fotografía .....	13
Índices de vegetación .....	13
Antecedentes de la fotografía digital .....	15
Fotografía digital .....	15
Cámara digital .....	16
Tecnología digital .....	16
Resolución de imágenes .....	17
Píxel .....	17
Modos y modelos de color .....	18
Formato de almacenamiento de imagen .....	18
Histograma .....	19
Manipulación de las imágenes .....	19
Teoría del color .....	20
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	21
Descripción Del área de estudio .....	21
Método experimental .....	23
Análisis estadístico .....	24
Método de la fotografía digital .....	24
Tratamiento de las fotografías .....	24
Análisis de las fotografías en SIG .....	27
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	28
Relación entre variables .....	28
Análisis de correlación .....	31

Obtención de los modelos .....	32
Obtención del modelo .....	32
<b>CONCLUSIONES</b> .....	33
<b>RESUMEN</b> .....	34
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	35

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Datos obtenidos de la fotografía B	25
2	Rangos considerados para las 2 tonalidades	26
3	Porcentaje de la varianza acumulada y la varianza total por factor	28
4	Coefficientes de la correlación de las variables dentro de los factores	29
5	Resultados obtenidos del análisis de correlación lineal	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Ejemplo de fotografías A) foto original, B) foto recortada	25
2	Análisis multivariado por componente	30
3	Relación de la cantidad de materia seca por Ha y % píxeles en verde	33
4	Relación de la cantidad de materia seca por Ha y % píxeles en gris	34
5	Relación de la cantidad de materia seca por Ha y % píxeles en gris claro.	35

## INTRODUCCIÓN

Los pastizales, que cubren un poco más del territorio del país con referencia a otros tipos de vegetación y que por mucho tiempo fueron considerados como recursos naturales de segunda clase son, en el México moderno, un protagonista estelar de las decisiones políticas agropecuarias del país. Las cuantiosas innovaciones tecnológicas, con lo mejor de la ciencia y la tecnología mundial que se dan en el norte del país (Sonora, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, entre otras.) Tendrán que multiplicarse para hacer de la ganadería extensiva una actividad más factible económicamente, más viable tecnológicamente, más deseable socialmente y más sensata ecológicamente.

Por lo anterior el pastizal es considerado como una comunidad vegetal renovable fundamental para la producción de ganado y fauna y la conservación del suelo y agua.

En cuanto a comunidad nos referimos como una agrupación de diferentes especies que coexisten en un determinado lugar; es decir que se pueden presentar gramíneas, herbáceas, arbustos y árboles.

Por eso debido al potencial que presentan tanto las gramíneas forrajeras como las arbustivas forrajeras en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, se a puesto mayor interés en su mejor conocimiento, conservación y propagación. Es necesario cuantificar el forraje disponible en el estrato arbustivo tanto de las arbustivas como de las gramíneas a través del año para planear el uso adecuado del pastizal.

Debido a esto es necesario realizar muestreos periódicamente para conocer la biomasa de las gramíneas a través del periodo de sequía y por lo imprescindible de los métodos indirectos para la estimación de la biomasa.

### **OBJETIVO**

Encontrar modelos de regresión que estimen la materia seca en gramíneas del Noreste de Coahuila.

### **HIPÓTESIS**

La fotografía digital puede ser usada como un método para la estimación de materia seca en de gramíneas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Vegetación Del Norte De México

Alrededor del 70% del total del territorio nacional se encuentra cubierto de vegetación nativa, que es considerado como área de agostadero o pastizal, y que es generalmente es aprovechada como explotación pecuaria extensiva, en donde apacenta el ganado bovino, caprino, ovino, equino y fauna silvestre. En los pastizales del norte de México se encuentran zonas de vegetación conocidas como pastizales, zacatonales, matorrales, bosques, selvas, palmares y paramos; esta a su vez está compuesta de diferentes tipos de vegetación que están catalogados en sitios de pastizal de acuerdo a su producción forrajera. (COTECOCA, 1978).

Las áreas consideradas como pastizales, son aquellas tierras que sostienen en su mayor parte vegetación nativa que puede ser apacentada o potencialmente apacentada y es manejada como un ecosistema natural, si todas o parte de las plantas consideradas como especies forrajeras son introducidas, deberán ser manejadas como un ecosistema natural (Vallentine, 2001) y que presentan limitaciones físicas como: topografía accidentada, errática precipitación, drenaje deficiente y temperaturas extremas, por lo que no pueden ser usadas para cultivos intensivos, ocupan la mayor extensión total del país y constituyen una fuente importante de recursos forestales, faunísticos, recreativos y forrajeros para los animales domésticos y silvestres.

## **Pastizal**

De manera natural se encuentran formando manchones aislados en claros de otros tipos de vegetación, como bosques y matorrales; o bien, en forma continua en las zonas costeras. Estos pastizales por su porte herbáceo no sobrepasan usualmente los 2 m de altura, aunque pueden incluir algunos arbustos más altos o árboles aislados. En realidad son pocos los pastizales naturales que existen en los estado, como en algunas porciones del noreste cercanas al mar; esto debido al sobre pastoreo y la introducción de especies exóticas. Los pastizales halófilos son comunes a lo largo de la costa tamaulipeca; en cambio, los inducidos y cultivados son comunes en la Planicie Costera (Rzedowski, 1978).

### **Factores que determina la producción de pastizales**

La producción de pasturas depende de varios factores como el clima, la naturaleza del suelo, composición botánica y estructura de la vegetación y el tipo e intensidad de manejo, así como el patrón de apacentamiento y capacidad de carga animal, fuego y fauna silvestre (incluyendo insectos y roedores) por mencionar algunos (Le Houerou Y Hoste, 1977).

### **Rendimiento de la producción de biomasa disponible**

Las arbustivas de mayor valor forrajero, lo mismo que las gramíneas, están expuestas a la sobre utilización con la consiguiente reducción de su potencial productivo, por lo que es

necesario un manejo adecuado de los recursos animales y vegetal lo cual requiere del conocimiento de la disponibilidad del recurso primario (Quiñones *et al.*, 1989).

Todos los productos utilizados en alimentación animal pueden ser evaluados en función de sus propiedades de acuerdo al rendimiento y calidad. Por lo tanto, el rendimiento de un grupo se recomienda expresarlo en unidades de materia seca, ya que un forraje puede producir gran cantidad de biomasa, pero la misma puede llegar a estar constituida por una cantidad elevada de agua (White y Toppel, 2000).

Cook (1971) menciona que las especies arbustivas de los ecosistemas áridos ofrecen una amplia variedad de recursos susceptibles a explotarse; entre ellos, el aprovechamiento de la biomasa de cada especie que es un factor muy importante para la producción animal.

Perdomo (1991) menciona que las especies arbustivas producen más biomasa, tolera mejor el mal manejo y tiene la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas.

Bernal (1991) menciona que para obtener una mayor cantidad y calidad de las plantas forrajeras es importante tener en cuenta el medio ambiente, la especie y el manejo. Entre los factores que tienen mayor influencia sobre la producción de forraje se mencionan los siguientes: el suelo, la precipitación y la temperatura. Entre los que respecta a la especie, esta debe estar bien adaptada a las condiciones del medio ambiente, ser productiva y poseer buenas características agronómicas como alta relación hoja / tallo y una rápida recuperación después del corte o pastoreo.

Cada especie tiene distintos ritmos de crecimiento a través de las estaciones climáticas debido a las características genéticas y fisiológicas propias de cada planta Teuber y Bernier (1977), citado por Bitsch (1981).

### **Métodos para la estimación de biomasa**

Existen básicamente 2 grandes grupos de métodos de estimación de biomasa; los destructivos y los no destructivos. Los primeros requieren de la remoción de la vegetación, plantas o componentes dentro de una parcela de área conocida, registrar su peso y convertirlo a una medida estándar (peso seco por unidad de área), lo que implica la eliminación de los individuos o sus componentes. Los métodos no destructivos se caracterizan por la permanencia de los individuos o sus componentes después de la estimación, lo que provee la oportunidad de realizar mediciones subsecuentes en los mismos sujetos de estudio y obtener un control en el tiempo (Whittaper y Markus, 1975; Rutherford, 1979). Estos métodos no destructivos van desde la estimación meramente ocular, hasta el empleo de relaciones estadístico – matemáticas.

Bryant y Kothmann (1979), considerando al mezquite como fuente de forraje por su follaje tierno o por los frutos se interesó en realizar estudios para realizar estudios de la biomasa de estos componentes, para poder inventariar las cantidades de ramoneo disponibles para el ganado. Para estimar la utilización de ramoneo por herbívoros, mediante una simple diferencia de la biomasa que debería estar sin el pastoreo y la biomasa remanente, también debería ser útil estimar su biomasa para determinar la disponibilidad de ramoneo, conociendo la dinámica de la producción de biomasa a lo largo del año (Rutherford, 1979).

En arbustos y gramíneas, la utilización de métodos directos para determinar biomasa son imprácticos, debido a la extensa labor requerida, además de propiciar la destrucción del recurso (Quiñones et al., 1989).

Métodos rápidos y no destructivos, son requeridos para hacer las estimaciones de biomasa, debido a la labor y al tiempo necesario para cortar plantas grandes y a la necesidad de preservar el ecosistema (Ludwing et al., 1975; Castañeda et al., 1990)

### **Métodos destructivos o directos**

Identificado por muchos autores como método de cosecha, ha sido utilizado ampliamente en arbustivas y gramíneas para determinar la producción en especie.

La metodología en general consiste en cortar a los individuos al nivel del suelo, si es objetivo del estudio, separar cuidadosamente sus componentes de la productividad; ramillas, ramas, flores, frutos y hojas y guardarlos en recipientes separados (bolsas de papel Kraft), secarlas en estufa de secado para finalmente pesarlos minuciosamente (Klemmenson y Barth, 1975). A su criterio requiere poca concentración y preparación.

El método aunque un poco dilatado puede considerarse muy exacto, sin embargo Pieper (1978), afirma para el caso de determinar la producción de especies de ramoneo, se presenta problemas que no se encuentran en las plantas herbáceas. Las especies arbustivas exhiben un tipo de crecimiento indeterminado, originando el crecimiento de nuevas ramillas a partir de yemas axilares en ramas viejas si las yemas terminales son destruidas. En algunos casos los meristemas terminales reasumen el crecimiento en la primera después de la dormancia del

invierno, en otros casos no. Es frecuente la dificultad para distinguir el crecimiento de las ramillas, del crecimiento anterior.

### **Método de corte**

Squella *et al.* (1990) señala que el método de corte se aplica como método de referencia, se realiza cortando cuadrantes con tijeras a alturas diversas. El material se pesa en verde y en bolsas de polietileno se congelan a  $-5^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente las bolsas se descongelan y las muestras se colocan en las bolsas de papel y se secan en una estufa de aire forzado a  $75^{\circ}\text{C}$  por 48 horas y por fin se pesan en seco en una balanza de precisión.

En forma general, este método es de utilidad porque permite comparar la cantidad de biomasa real con algún otro método estimativo, no destructivo y debe ser alta la correlación entre estos. El método de corte es más exacto, sin embargo por la disminución en el número de muestras que se puede tomar, en la práctica es más eficiente un método indirecto, de menor exactitud pero de mayor precisión ya que él poder tomar un mayor número de muestras logra captar mayor variación en la pradera y por lo tanto es más preciso (Squella *et al.*, 1990).

### **Doble muestreo**

Ganguli (2000) menciona que el método de doble muestreo es una buena alternativa al método de corte, ya que solo requiere cortar la pradera en un principio y solo el 15% de las muestras medidas, para lograr establecer una ecuación de regresión entre la biomasa total de un punto determinado y la medida indirecta, la cual puede ser la altura de un determinado disco o una regla medidora. Una vez que se ha establecido esta relación no es necesario realizar cortes

posteriormente. Este método es una opción conveniente para los productores ya que implica menos esfuerzo de correlación, por lo tanto menores costos Frame, 1993 citado por (Anderson, 2001).

Haydock y Shaw (1975) reportaron que este método se basa en la regresión lineal simple entre las estimaciones visuales de un observador y el peso obtenido por corte, su desventaja es que requiere de los mismo observadores y de ecuaciones específicas para cada muestreo. Este método se basa primero en cortar, secar y pesar el forraje para determinar el error en la estimación. Tiene la ventaja de la rapidez de la estimación y la precisión de los cortes, además es suficientemente rápido para muestrear grandes áreas.

### **Métodos no destructivos o indirectos**

Se basan en la relación de uno o más atributos de la vegetación con el forraje disponible Bransby *et al.* (1977), citado por (Cabrera, 1997).

Los métodos de medición son de mucha utilidad para determinar momentos en que se debe iniciar y finalizar un pastoreo Green *et al.* (1989), citado por (Cabrera, 1997). Permiten tomar varias mediciones en poco tiempo, son de bajos costos y de fácil fabricación.

### **Estimación ocular**

Los métodos de estimación ocular también son referidos por otros autores como “unidad de referencia”, “unidad de peso” (Pieper, 1978, Reppert *et al.*, 1962, USDA, 1976), y consiste en

seleccionar una unidad que puede ser una parte de la planta completa o un grupo de plantas, a las cuales se les registra el peso. Esta unidad debe ser acorde con el tipo de planta y otras consideraciones como: a) longitud, ancho, número de tallos y hojas; b) proporción de hojas en tallos y c) forma de crecimiento y la relativa compactabilidad de la especie. Una vez que se ha decidido que la unidad es apropiada para la especie, visualmente se estima cuántas partes, plantas o grupo actual y se compara con la estimación, y se vuelve a repetir el proceso hasta que se logre estimaciones dentro de la precisión fijada. Una vez lograda esta precisión se procede a estimar la biomasa multiplicando la unidad de peso o de referencia, por el número de unidades que visualmente se estima pueda tener nuestra muestra. Shafer (1963, citado por Rutherford, 1979) afirma que los métodos de estimación ocular son usualmente rápidos, no destructivos y adecuados para inventarios extensos de ramoneo, pero las estimaciones no pueden ser analizadas estadísticamente.

### **Disco medidor (DM)**

El disco medidor (DM) es un disco de aluminio de 30 cm de diámetro y 1.9 cm de grosor, consisten una vara por la cual se desliza un disco, con el fuste marcado a intervalos de 1 cm (Hollstein, 1984).

El disco proporciona una medición de altura de la pradera que depende de la densidad, composición botánica, estado fenológico y el porcentaje de biomasa que presenta las muestras durante las mediciones. La densidad varía según las condiciones de humedad del terreno y al existir mayor densidad mayor es la oposición de la pradera al peso del disco (Lara, 1997).

Rayburn (1998), Unruh y Fick (1998) mencionan que trabajando con praderas del noreste de Estado Unidos, han obtenido errores de calibración de 10%, que es un rango aceptable muy adecuado, lo que justifica económicamente el uso de estas herramientas.

### **Bastón medidor (BM)**

Diseñado en 1929, inicialmente solo medía contenidos de humedad, luego se utilizó la correlación entre este parámetro y producción de biomasa como metodología indirecta. El funcionamiento de este método se basa en que el contenido de agua de forraje permite el paso de corriente eléctrica entre 2 conductores que contiene el instrumento, así, a mayor contenido de agua mayor paso de la corriente eléctrica (Hollstein, 1984).

Sanderson (2001) menciona que este instrumento capta un área de 100 mm de diámetro y 400 mm de alto y puede calcular de manera automática la cantidad de biomasa disponible ya que está calibrado por el fabricante.

### **Plato medidor (PM)**

Ganguli (2000) menciona que es un plato cuadrado de acrílico de 40 \* 40 cm con un agujero en el medio que le permite descender, el plato se deja caer hasta que toque un mínimo de 3 hojas, luego se lee la altura en la vara graduada.

Plato medidor y regla medidora permite estimación de biomasa disponible de una forma rápida, sencilla, económica y con un nivel de exactitud aceptable. En cuanto a la facilidad de construcción y de uso, todos con excepción del instrumento para analizar se puede construir con

materiales sencillos, los 4 métodos son rápidos y cómodos de implementar Whitney (1974), citado por (Ganguli, 1974).

### **Factores que afectan al momento de la medición de biomasa**

Algunas razones por las cuales se produce una baja relación entre las estimaciones mediante métodos directos o indirectos se aplican por medio de algunos factores como son el pisoteo por animales, la heterogeneidad en la composición de los pastizales o por el sesgo de cada observador, ya que existen diferencias entre observadores e instrumento utilizados para medir la biomasa Aiken y Bransby (1992), Karl y Nicolson (1987), citado por Sanderson (2000).

Aiken y Bransby (1992) concluyen que existe variación entre observadores, por lo cual, se recomienda que una sola persona tome las mediciones o entrenar en conjunto al grupo de manera que logren realizar estimaciones más acordes entre ellos.

En el caso de los arbustos, a diferencia de las gramíneas, se presenta la dificultad en las mediciones por el tiempo y esfuerzo empleado y la destrucción del recurso para determinar su producción. Las características dimensionales de fácil medición en los arbustos representa una disponibilidad en la estimación indirecta de biomasa de varias especies, las cuales pueden sustituir al método de cosecha (Castañeda *et al.*, 1989).

En arbustos, la utilización de métodos indirectos para determinar su biomasa son imprácticos debido a la extensa labor requerida, además de propiciar la destrucción de recursos (Quiñónez *et al.*, 1989).

## **Aplicaciones de la fotografía digital**

En las ciencias forestales y de pastizal, a menudo existe la necesidad de hacer o realizar un muestreo e inventariar la vegetación natural. Los métodos convencionales que utilizan una interpretación manual de fotografía aérea, delineando áreas de vegetación homogénea llamados patrones usan atributos como el tono, la textura de la imagen y la topografía. Estos procesos, sin embargo debido a que están basados en un proceso manual de fotointerpretación, son costosos y requieren de mucho tiempo (Franklin et al., 1986).

## **Índices de vegetación**

*Rouse et al.* 1975 mencionan que los índices de vegetación se miden en el rango de 1 a -1, los valores negativos representan áreas sin vegetación y los positivos sitios con vegetación, mientras mas alto sea el valor positivo mas alta vegetación hay. Un valor de índice de vegetación de cero quiere decir que no hay vegetación verde y cerca de +1 indica la densidad posible mas alta de hojas verdes o vegetación (Boone *et al.*, 2000, Chen 1998).

El empleo del índice de vegetación ha tenido un gran impulso para abordar los cambios de vegetación, pues permiten conocer el estado del vigor vegetal (Granados *et al.*, 1996).

Los índices de vegetación, son una medida de la proporción de cobertura vegetal en una área determinada. Son combinaciones de bandas espectrales, cuya función es realzar la contribución de la vegetación en función de la respuesta espectral de una superficie y atenuar la de otros factores como suelo, iluminación, atmósfera (Jackson et al., 1983).

Tucker (1985) indica que los índices de vegetación están diseñados para proveer una comparación permanente y consiste de los cambios temporales y espaciales de la vegetación, al responder a la cantidad de vegetación fotosintéticamente activa en cada píxel.

Por otra parte Jackson et al. (1983) reporta que las plantas reflejan la luz en longitudes de onda en verde, de ahí su color infrarrojo cercano y absorben luz en regiones de rojo y de azul. De acuerdo a la proporción reflejada en cada longitud de onda podemos estimar la biomasa, el área foliar y el contenido de clorofila de la vegetación.

Bannari et al. (1995) menciona que los índices de vegetación restringiéndolos a combinaciones de 2 bandas, solamente el color rojo está fuertemente correlacionada con el contenido de clorofila y la infrarroja con el índice de la superficie foliar y la densidad de vegetación verde.

El índice de vegetación produce un nuevo tema en escala de grises que ilumina claramente la vegetación de una imagen. La vegetación es particularmente reflectiva en el infrarrojo cercano. El contraste entre la vegetación y el agua es aparentemente en esta región del espectro. En la banda del rojo visible la vegetación tiende a ser más oscura que las zonas erosionadas y que las construcciones que tiende a ser más blancas o iluminadas. Usando estas dos porciones del espectro el índice de vegetación es capaz de discriminar claramente áreas con vegetación (ESRI, 1999).

## **Antecedentes de la Fotografía digital**

La fotografía digital existe desde hace varias décadas. Se usaron durante los primeros vuelos de naves rusas y norteamericanas a la luna en los años sesenta, la transmisión de imágenes se hacía utilizando esta tecnología. En el sentido moderno, iniciada la década de los noventa se generalizó. Su aceptación por parte de un amplio grupo de fotógrafos profesionales está siendo muy precipitada, durante este siglo, se dice que esta será la tecnología más utilizada en la práctica total de aplicaciones fotográficas (Iker Moran, 2005).

## **Fotografía Digital**

Consiste en la grabación de imágenes mediante una cámara, de forma análoga a la fotografía clásica. Sin embargo, así como en esta última las imágenes quedan grabadas sobre una película y se revelan posteriormente mediante un proceso químico, en la fotografía digital las imágenes quedan registradas por una placa que dispone de millones de sensores y desde allí se archivan en un elemento electrónico que constituye la memoria.

Las ventajas de este sistema respecto a la fotografía clásica son considerables, ya que permite disponer de las imágenes grabadas al instante, sin necesidad de llevar la película al laboratorio y esperar un cierto tiempo hasta que éste entregue las fotos terminadas ([http://es.wikipedia.org/wiki/Fotograf%C3%ADa\\_digital](http://es.wikipedia.org/wiki/Fotograf%C3%ADa_digital)).

## **Cámara digital**

La primera cámara digital fue desarrollada por Kodak, que encargó a Steve Sasson la construcción de una en Diciembre de 1975. Ésta tenía el tamaño de una tostadora y una calidad equivalente a 0.01megapíxel. Necesitaba 23 segundos para guardar una fotografía en blanco y negro en una cinta de cassette y otros tantos en recuperarla ([http://es.wikipedia.org/wiki/Fotograf%C3%ADa\\_digital](http://es.wikipedia.org/wiki/Fotograf%C3%ADa_digital)).

En 1969 es el año que marca el inicio de la cámara digital (Willard Boyle y George Smith) mencionan que dentro de las cámaras de tipo profesional, la tendencia de casi todos los fabricantes consiste en reutilizar los componentes clásicos de una cámara de gran formato, que permita que las imágenes se almacenen directamente en formato digital sobre un fichero procesable informativamente. Otro tipo de cámaras es en la que la foto queda almacenada en un disquete pasando directamente al ordenador para su visualización y proceso mediante una computadora

## **Tecnología digital**

Una imagen digital se caracteriza por poder ser representada mediante una serie de dígitos binarios (ceros y unos). Es decir, cualquiera de las imágenes que estamos viendo en este documento están almacenadas en un ficheros formado por una larga colección del siguiente tipo: "0010110100111101010001001010000111001....."

Simplificando el esquema de trabajo, podríamos decir que cada fotografía puede ser descompuesta en una serie de cuadrículas minúsculas y elementales y, cada una de ellas estará

representada por determinado número de dígitos binarios que, en definitiva, representan tanto su intensidad lumínica (más o menos oscuro) como su color (<http://www.interlink.es/peraso/senib/senib1.htm>).

## **Resolución de imágenes**

Describe cuánto detalle puede observarse en una imagen. El término es comúnmente utilizado en relación a imágenes de fotografía digital, pero también se utiliza para describir cuán nítida (como antónimo de granular) es una imagen de fotografía convencional (fotografía química). Para las imágenes digitales almacenadas como mapa de bits, la convención es describir la resolución de la imagen con dos números enteros, donde el primero es la cantidad de columnas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo ancho) y el segundo es la cantidad de filas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo alto). La convención que le sigue en popularidad es describir el número total de píxeles en la imagen (usualmente expresado como la cantidad de megapíxel, que puede ser calculado multiplicando la cantidad de columnas de píxeles por la cantidad de filas de píxeles ([http://es.wikipedia.org/wiki/Resoluci%C3%B3n\\_de\\_im%C3%A1genes](http://es.wikipedia.org/wiki/Resoluci%C3%B3n_de_im%C3%A1genes))).

## **Píxel**

El píxel (del Inglés Picture Element, o sea, "Elemento de la Imagen") es la menor unidad en la que se descompone una imagen digital, ya sea una fotografía, un fotograma de video o un gráfico (<http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%ADxel>).

Para poder transformar la información numérica que almacena un píxel en un color hemos de conocer, además de la profundidad de color (el tamaño en bits del píxel), el modelo de color que estamos usando (RBG). (<http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%ADxel>).

### **Modos y modelos de color**

El programa Photoshop, determina el modelo de color utilizado para visualizarse e imprimir una imagen. Estos modos se basan en los modelos de color para la descripción y reproducción de colores. Los modelos mas comunes son HSB (tono, saturación y brillo) y RBG (rojo, verde y azul). El modelo RBG asigna un valor de intensidad a cada píxel. Si el valor de todos los componentes es de 255, el resultado será blanco puro y un negro puro si todos los componentes tienen un valor de 0 (<http://www.interlink.es/peraso/senib/senib1.htm>).

### **Formato de almacenamiento de imagen**

JPEG (Joint Photographic Experts Group) es un algoritmo diseñado para comprimir imágenes con 24 bits de profundidad o en escala de grises. JPEG es también el formato de fichero que utiliza este algoritmo para comprimir imágenes. JPEG sólo trata imágenes fijas, pero existe un estándar relacionado llamado MPEG para videos. El formato de archivos JPEG se abrevia frecuentemente JPG debido a que algunos sistemas operativos sólo aceptan tres letras de extensión (<http://es.wikipedia.org/wiki/JPEG>).

## **Histograma**

El programa de Photoshop encontramos la paleta histograma que es una grafica que representa los niveles de tonos de una imagen digital. El histograma nos muestra una serie de 255 líneas verticales alineadas en un extremo inferior, representativas de la cantidad de píxeles que hay en una imagen por cada valor de luminosidad. En el extremo izquierdo esta el valor 0 (negro) y en el derecho el 255 (blanco). En Photoshop, los datos numéricos aparecen en dos columnas: en la primera, datos de la imagen en conjunto, y en la derecha, información específica sobre el nivel que señale el cursor sobre el grafico. Si los píxeles están amontonados hacia la izquierda, significan que predominan los tonos oscuros y si la mayoría de los píxeles se encuentra hacia la derecha, predominan los tonos claros (<http://www.interlink.es/peraso/senib/senib1.htm>).

## **Manipulado de las Imágenes**

Una de las principales ventajas ofrecidas por la Fotografía Digital consiste en las enormes posibilidades que ofrece a la hora de facilitar su manipulación. La práctica totalidad de la fotografías producidas por cualquier estudio profesional deben ser retocadas antes de ser reproducidas en cualquier medio. Si se dispone de una imagen digital, un ordenador y el programa apropiado, estos retoques pueden ser realizados de forma mucho más rápida y con una calidad incomparablemente superior a la que se puede obtener por otros medios (<http://www.interlink.es/peraso/senib/senib1.htm>).

## Teoría del color

Newton (1642-1727) primero y Young (1773-1829) después, establecieron que hasta la fecha nadie discute: la luz es color. Para llegar a este convenio, Isaac Newton se encerró en una habitación a oscuras, dejando pasar un hilo de luz por la ventana y poniendo un cristal, un prisma de base triangular frente a ese rayo de luz; el resultado fue que dicho cristal descompuso la luz exterior blanca en los seis colores del espectro, los cuales se hicieron visibles al incidir en una pared cercana.

Unos años más tarde, el físico inglés Thomas Young realizó el experimento a la inversa. En primer lugar determinó por investigación que los seis colores del espectro pueden quedar reducidos a tres colores básicos: el verde, el rojo y el azul intenso. Tomó entonces tres linternas y proyectó tres haces de luz a través de filtros de los colores mencionados, haciéndolos coincidir en un mismo espacio; los haces verde, rojo y azul se convirtieron en luz blanca. En otras palabras, Young recompuso la luz.

Así, la luz blanca, esa luz que nos rodea, está formada por luz de seis colores; y cuando incide en algún cuerpo éste absorbe alguno de dichos colores y refleja otros. Esto da lugar al siguiente principio: Todos los cuerpos opacos, al ser iluminados, reflejan todos o parte de los componentes de la luz que reciben ([http://www.lilliputmodel.com/articulos/cebrian/teoria\\_color1.htm](http://www.lilliputmodel.com/articulos/cebrian/teoria_color1.htm)).

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Descripción del área de estudio**

El presente trabajo se realizó durante el ciclo otoño – invierno del 2004, en el rancho “El Pato” el cual cuenta con una superficie de 6,000 hectáreas, se localiza en el municipio de Muzquiz, sobre la carretera Muzquiz – Boquillas en el kilómetro 40, en las coordenadas  $27^{\circ} 54' 43''$  de latitud norte y  $101^{\circ} 32' 2''$  de longitud al oeste del meridiano de Greenwich. A una altura de 490 metros sobre el nivel del mar.

### **Clima**

El área se caracteriza por un clima semiseco en la mayor parte del año, las lluvias son de primavera – verano. La precipitación media anual es de 400 a 500 milímetros, principalmente en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre y escasos en noviembre, diciembre, enero y febrero. Los vientos predominantes son con dirección al noreste con una velocidad de 10 km/hr. La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días y granizadas de 0 a 1 día.

## **Suelo**

Los suelos predominantes son los vertisoles que presentan grietas anchas y profundas en la época de sequía, es un suelo muy duro, arcilloso y masivo, de color negro, gris y rojizo, su susceptibilidad a la erosión es baja. La mayor parte del suelo del municipio es destinado a la ganadería y muy poca a la producción agrícola y al área urbana.

## **Vegetación**

El tipo de vegetación en el rancho corresponde al Matorral Espinoso Tamaulipeco en Coahuila. La vegetación está formada por arbusto medianos de 1 a 3 metros de altura o más. Las especies más sobresalientes son las siguientes: Guajillo (*Acacia berlandieri*), cenizo (*Leucophyllum frutescens*), chaparro prieto (*Acacia rigidula*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Acacia farnesiana*), y gatuño (*Acacia greggii*).

Además de que también se encuentran las siguientes especies de gramíneas con un alto valor forrajero y nutricional para el ganado como son: zacate rizado (*Panicum halli*), zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), zacate pata de gallo (*Cynodon dactylon*), zacate correa (*Panicum obtusum*) y toboso (*Hilaria mutica*). Este tipo de vegetación es caracterizado por un amplio rango de patrones de crecimiento, diversidad en la longevidad foliar, dinámicas de crecimiento y desarrollo fenológico.

Adicionalmente las plantas nativas del matorral espinoso han desarrollado diversas características morfológicas y fisiológicas apropiadas para la adaptación de los factores

ambientales adversos, como son la sequía, heladas y altas temperaturas que afectan su producción y desarrollo.

La principal actividad realizada sobre este tipo de vegetación es la ganadería para la producción de bovino de carne bajo el sistema de vaca becerro en pastoreo, y la explotación de la fauna silvestre, principalmente el venado. La densidad de plantas arbustivas limita a otras actividades agropecuarias, ya que el movimiento es difícil y por lo tanto el manejo del mismo (<http://www.muzquiz.com/geografia.html>).

### **Método experimental**

Se tomaron 60 fotos en forma aleatoria dentro del rancho en diferentes sitios de muestreo, buscando las diferencias en cuanto a la cobertura de la vegetación, es decir, lugares con poca a alta vegetación. A cada muestra se le tomaron 2 fotografías, posteriormente se realizó el corte de las muestras que estaban dentro del cuadrante (1 x 1 m) (colocado en el momento que se realizó la toma de la fotografía) y se colocó en bolsas de papel, con su debida identificación, las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C por 72 horas, después se pesó en una balanza analítica cada muestra.

## **Análisis Estadístico**

Se utilizó el programa Statistica versión 6.0. Se realizó un análisis multivariado por factores con técnica de extracción de componentes principales, un análisis de correlación y regresión lineal simple, para esto se realizó una matriz de 21 columnas (variables) x 120 renglones (observaciones).

## **Método de la fotografía digital**

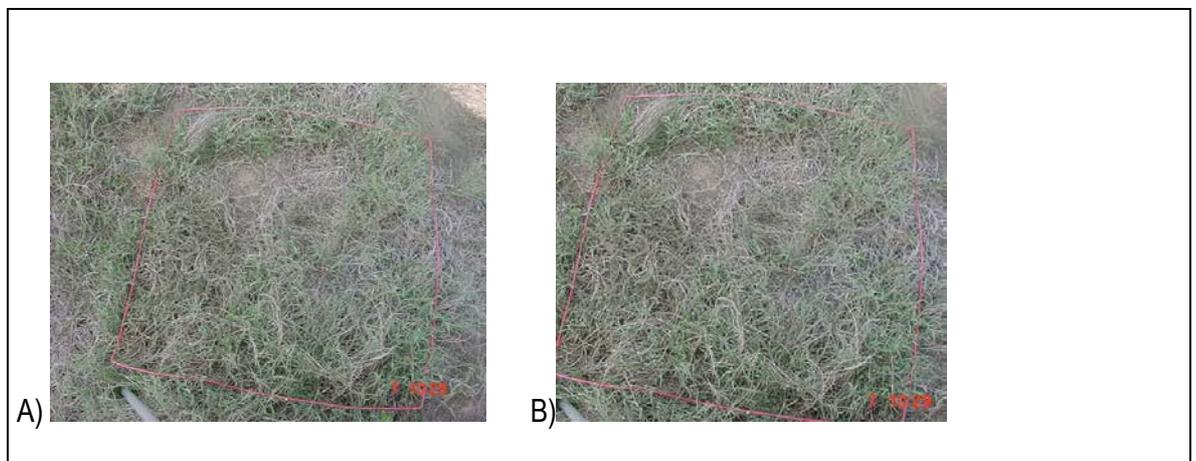
### **Toma de fotos**

La toma de las fotos se realizó de la siguiente manera: se colocó el trípode a una altura de 2 m en forma perpendicular a la muestra, se cubrió la zona con una manta blanca en donde estaba la muestra para evitar que el sol afectara la calidad de la foto, y salieran con el menor reflejo del sol, para la toma de la muestra se utilizó de un cuadrante de 1 x 1 m esto con el fin de que al momento de recortar la foto sirviera como referencia, se tomaron dos fotos de cada muestra obteniendo un total de 60 fotografías.

### **Tratamiento de las fotografías**

La medida de las fotos tomadas en el campo fue de 640 x 480 píxeles, dando un total de 307200 píxeles. En centímetros fue de 22.58 x 16.93 cm dando un total de 382.27 cm<sup>2</sup> fotografía (Figura 1.A).

Las fotografías de cada muestra fueron tratadas con el programa de Adobe Photoshop versión 7.0 para ser recortadas con las siguientes medidas: parte superior de la foto de 100, derecho de 600, inferior de 20, e izquierdo 460, con un total de 220,000 píxeles. Estas medidas se tomaron en base a que el cuadrante que se utilizó, se usara como referencia para el corte de las fotos y permitiera un conteo de píxeles un poco más exacto con respecto a las muestras (Figura 1.B).



**Figura 1.** Ejemplo de fotografías: A) foto original; B) foto recortada

**Cuadro 1.** Datos obtenidos de la foto recortada B

Color	Tonalidad	Rango (bits)	% Píxeles
Gris	negro	4128	1.90
	Gris oscuro	37316	16.75
	Gris	118198	53.51
	Gris claro	57651	26.57
	Blanco	2707	1.28

Las fotos fueron medidas en el programa de Adobe Photoshop versión 7.0 en donde se realizo el conteo de píxeles en dos tonalidades, verde (V) y gris (L). En este programa se encuentra la paleta de histograma que es una grafica que representa los niveles de tonos de las imágenes, además de que muestra la forma en la cual esta distribuido los pixeles, graficada la cantidad de píxeles de cada uno de los 255 niveles de iluminación de la imagen.

El conteo de los píxeles se realizo tomando dos tonalidades con el siguiente criterio (Cuadro 2), con los datos que se obtuvieron se creo una base de datos para correlacionar los pesos de las muestras y el numero de píxeles para estimar Materia Seca presente en cada una de las fotografías.

**Cuadro 2.** Rangos considerados para las dos tonalidades

Color	Tonalidad	Rango (bits)
Verde (V)	Negro	0 – 50
	Verde oscuro	51 – 100
	Verde	101 – 150
	Verde claro	151 – 200
	Blanco	201 – 255
Gris (L)	Negro	0 – 50
	Gris oscuro	51 – 100
	Gris	101 – 150
	Gris claro	151 – 200
	Blanco	201 – 255

## **Análisis de las fotografías en SIG**

Para hacer un análisis integral de la fotografía se utilizó el programa Arcview 3.2, en el cual se analizó la imagen y se obtuvo la cantidad de píxeles por tonalidad pero para todos los canales de color al mismo tiempo, con esto se trató de cubrir todo el espectro y ver sus resultados con la correlación con materia seca de gramíneas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Relación entre variables

El análisis multivariado nos indica que con dos factores se representa el 84.75% de la varianza total. Tomando en cuenta que el primer factor nos representa el 60.06 de la varianza total y el 60.06 % de la varianza acumulada. El segundo factor nos presenta un 24.70 % de la varianza total y el 84.75 % de la varianza acumulada (Cuadro 3) y se muestra además las variables dentro de los factores (Cuadro 4).

**Cuadro 3.** Porcentaje de varianza total y acumulada por factor.

<b>Factor</b>	<b>Varianza Total (%)</b>	<b>Varianza Acumulada (%)</b>
1	60.06	60.06
2	24.70	84.75

**Cuadro 4.** Coeficiente de correlación de las variables dentro de los factores.

<b>Variable</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<b>MS/HA</b>	0.70	0.27
<b>Negro</b>	0.75	0.52
<b>Gris oscuro</b>	0.58	0.60
<b>Gris</b>	-0.95	0.12
<b>Gris claro</b>	0.64	-0.56
<b>blanco</b>	0.85	-0.15
<b>Negro</b>	0.72	0.50
<b>Verde claro</b>	0.55	0.63
<b>Verde</b>	-0.95	0.14
<b>Verde oscuro</b>	0.75	-0.49
<b>Negro</b>	0.88	-0.06
<b>1</b>	-0.42	0.55
<b>2</b>	-0.37	-0.11
<b>3</b>	0.26	-0.63
<b>4</b>	0.42	-0.34
<b>5</b>	0.01	0.53

La relación entre las variables y el factor uno es: MS\_HA con relación a blanco y negro es muy alta esto es debido que a mayor cantidad de píxeles en ambas tonalidades indica que hay una mayor cantidad de materia seca, pero el Gris tiene una relación negativa con respecto a la materia seca. La relación mas importante es con el gris y verde ya que son los que presentan mayores coeficientes, y son los que pueden determinar la cantidad de materia seca de gramíneas, sin embargo hay otras variables que lo pueden representar.

La relación entre las variables y tonalidad en verde nos indica que la variable verde , es una relación negativa ya que a mayor contenido de píxeles en esta tonalidad nos indica mayor

cantidad de materia pero en verde, en las otras tonalidades nos muestra como el oscuro que a mayor porcentaje en este mayor contenido de materia seca.

El análisis multivariado por componentes principales nos muestra que las tonalidades gris y verde están altamente relacionadas (Figura 1), es decir, que hay mayor contenido de materia pero en verde (forraje en verde), mas sin embargo la relación con el factor materia seca es negativa, esto es por que el forraje en verde tiene mayor contenido de agua.

Sin embargo la relación del factor de % gris claro (2) esta mas relaciona con respecto ala materia seca ya que representa mayor cantidad de materia seca. Esto puede ser por la tonalidad que presenta la materia seca con respecto al gris claro (Figura 2).

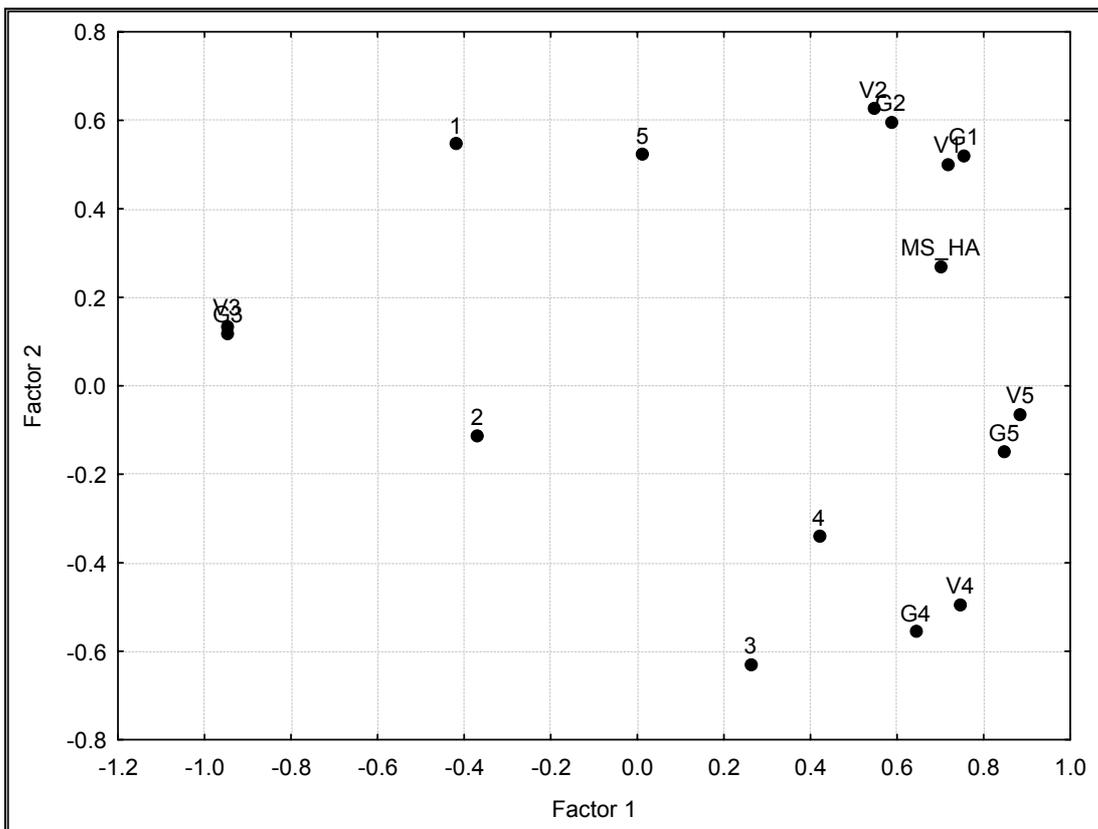


Figura 2. Análisis multivariado por componente

### **Análisis de correlación**

De las variables independientes los tonos Gris (L) y Verde (V) se obtuvieron coeficientes de correlación significativos en sus tonalidades % de píxeles de gris claro, gris y verde. Mas sin embargo en las de más tonalidades se obtuvieron correlaciones no muy significativas con la variable dependiente (Apéndice A).

En el análisis de correlación se obtuvieron los siguientes resultados para la variable independiente con mayor coeficiente de correlación con respecto a las variables dependientes (Cuadro 5)

**Cuadro 5.** Resultados obtenidos del análisis de correlación lineal

<b>Variable independiente</b>	Gris claro	Gris	Verde
<b>Variable dependiente</b>			
MS_HA	0.64	-0.95	-0.95

En análisis se determino que la tonalidad en gris claro es la de mayor importancia ya que lo que se busca es la materia seca de gramíneas, ya que es la que presenta una correlación positiva.

En cuanto a las tonalidades Gris y Verde se determinó que presentan una correlación negativa, es decir, que a mayor cantidad de píxeles en dichas tonalidades presentan menor contenido de Materia Seca.

### **Obtención de los modelos**

Como se observa en el cuadro 5 el mejor ajuste se obtuvo en el gris claro por ser una correlación positiva, es la mejor variable para determinar la cantidad de materia seca de gramíneas, es por eso que se decidió utilizar esta variable.

### **Obtención del modelo**

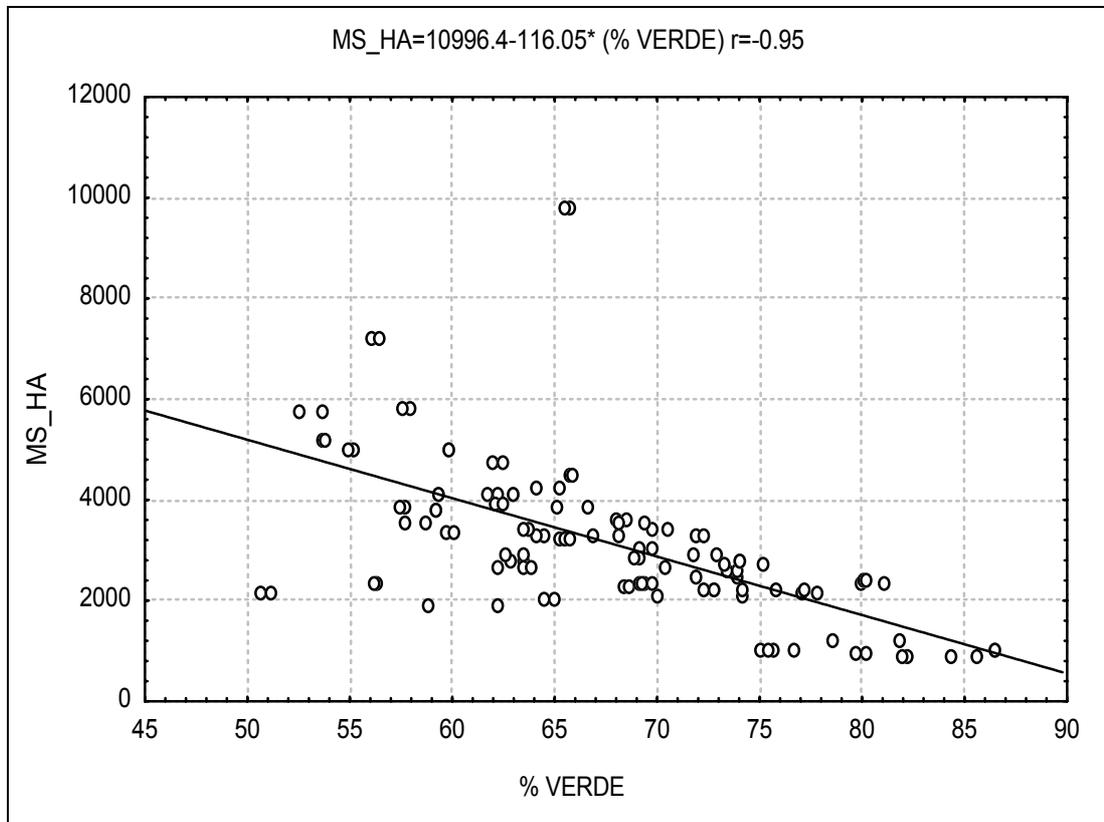
Se realizó una matriz de 21 columnas (variables) x 120 renglones (observaciones). Estas observaciones consisten en que se tomaron 120 fotos, es decir, en total son 60 muestras (dos fotos por muestra). Las variables son 1 dependiente: Materia Seca de Gramíneas (MS\_HA) y 20 independientes que corresponden a 2 colores: verde (V) y Gris (L) cada uno con 10 tonos divididos en píxeles y porcentaje de píxeles.

Se obtuvo una matriz de correlación de todas las variables; se seleccionaron las variables más significantes con la variable dependiente y se obtuvo los modelos de ajuste. En la observación de los diagramas se decidió usar el modelo lineal por que es un modelo de análisis de regresión.

En la Figura 3 se muestra la relación entre el % en verde y la cantidad de materia seca de gramínea sobre el suelo siendo el modelo utilizado el siguiente:

$$MS\_HA = 10996.4 - 116.05 * (\% \text{ píxeles en verde})$$

Donde se puede observar la relación lineal negativa, es decir, que a mayor cantidad de píxeles en verde, será menor la cantidad de materia seca, sin embargo esto se debe a que el verde indica una mayor cantidad de materia teniendo en cuenta la humedad ( $r = -0.95$ ).

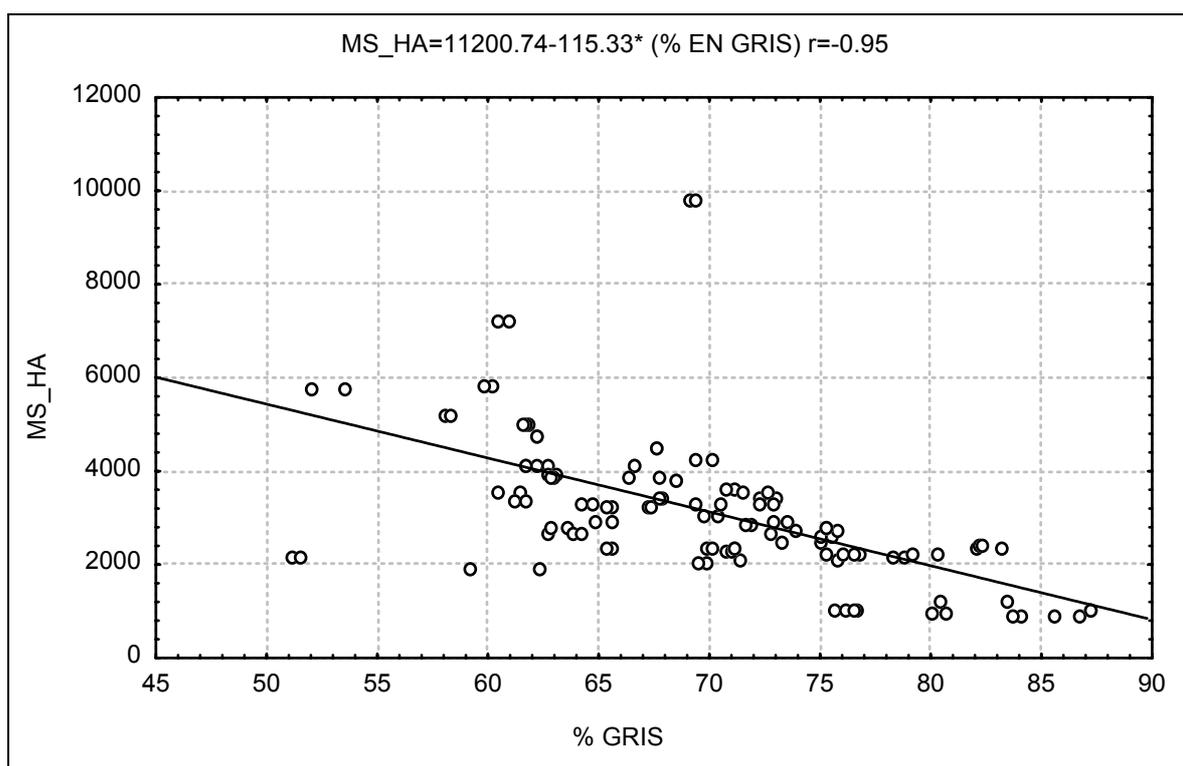


**Figura 3.** Relación de cantidad de materia seca por Ha y el % píxeles en verde.

En la Figura 4 se puede observar la relación entre el % de píxeles en gris y la cantidad de materia seca de gramínea sobre el suelo siendo el modelo lineal utilizado, el siguiente:

$$MS\_HA = 11200.74 - 115.33 * (\% \text{ píxeles en gris})$$

La relación del % de píxeles en gris con respecto a la materia seca es negativa, esto nos muestra que tiene una similitud muy parecida al % de píxeles en verde, debido a que en ambas tonalidades la regresión lineal es negativa con respecto a la cantidad de materia seca de gramínea ( $r = -0.95$ ), esto debido que a mayor cantidad de píxeles mayor cantidad de materia en verde pero a menor porcentaje de píxeles mayor cantidad de materia seca (Figura 2).

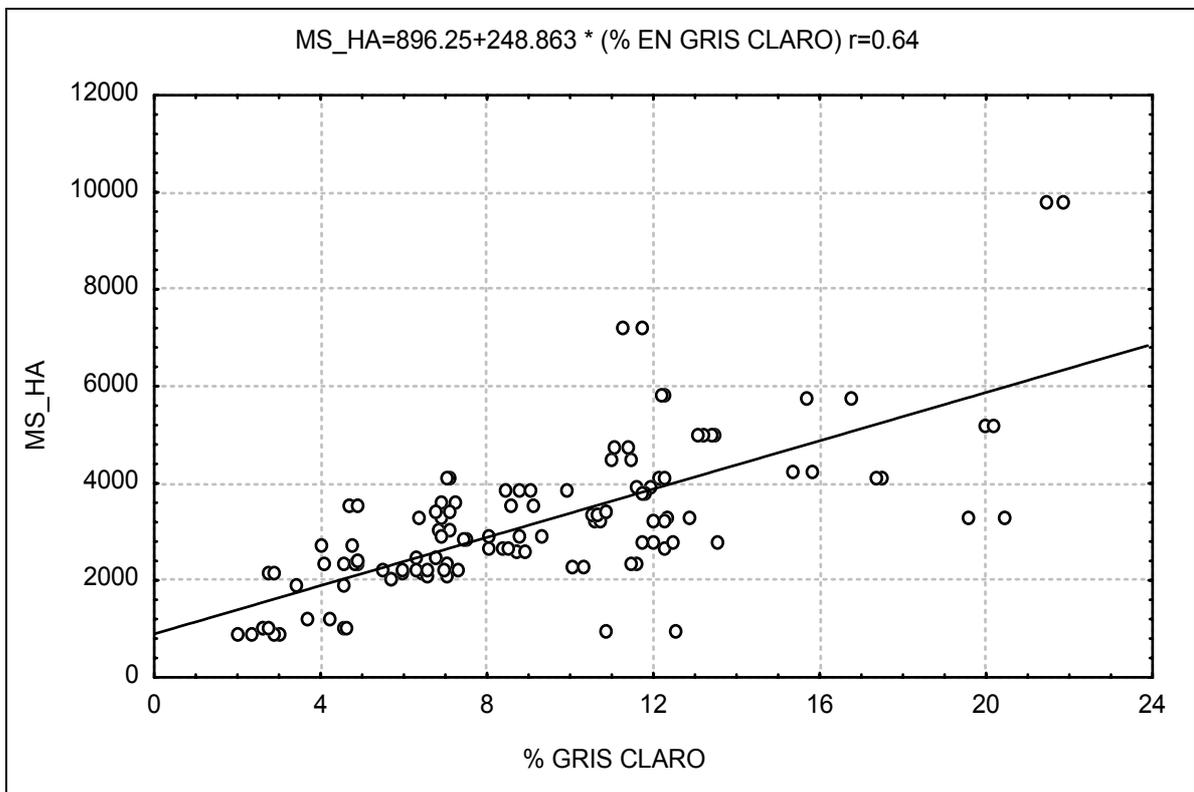


**Figura 4.** Relación de la cantidad de materia seca por Ha y % píxeles en gris

En la Figura 5 se observa la relación entre el % de píxeles en gris claro y la cantidad de materia seca de gramínea en el suelo, siendo el modelo utilizado el siguiente:

$$MS\_HA = 896.25 + 248.863 * (\% \text{ píxeles en gris claro})$$

Donde se muestra la relación positiva, es decir, que a mayor cantidad de píxeles en gris claro mayor será la cantidad de materia seca en el suelo ( $r = 0.64$ ), esto debido a que representa el color de la materia seca de la gramínea (Figura3).



**Figura 5.** Relación de la cantidad de materia seca por Ha y % píxeles en gris claro.

Los resultados encontrados coinciden con los de Rouse *et. al.* (1975), que menciona que los índices de vegetación se miden en el rango de 1 a -1, los rangos positivos indican áreas con vegetación y entre mas alto mayor vegetación, los valores negativos indican áreas con menor o nula vegetación.

Pero en este estudio los valores son interpretados de una forma distinta como se muestra en el Cuadro 5, es decir, el valor positivo en gris claro representa mayor cantidad de materia seca en gramíneas, pero en cuanto al gris y verde indican que hay mayor cantidad de materia en verde, es decir, que el contenido de humedad varia entre las plantas, usualmente el peso debe expresarse en base a la materia seca, ya que un forraje puede producir gran cantidad de materia en verde, pero la misma puede estar constituida por una elevada cantidad de humedad (Cook y Stubbendieck, 1986).

Los datos obtenidos nos muestran que la materia seca puede ser estimada por medio de la fotografía digital, además de que tiene cierta ventaja sobre los métodos tradicionales ya que estos requieren mucha labor y algunas veces de mucho equipo lo que implica mayores costos, en comparación con el método usado.

En este caso se debe considera que solo se tomo en cuenta el peso en seco de la muestras, ya que no se peso la muestra al momento de la colecta, lo cual nos indicaría el peso total de la muestra

Quezada (2005) menciona que el método se utilizo para la estimación de biomasa en arbustivas, también considerando a las gramíneas, y reporta que se obtuvieron resultados similares, por lo indica que la fotografia digital tiene un alto potencial para el estudio de la vegetación en general.

## CONCLUSIONES

El uso de la fotografía digital tiene una gran ventaja para el uso de estimación de materia seca en gramíneas para el noreste de Coahuila, ya que reduce tiempo y costos de operación, y con algunos ajustes se puede usar para otros estudios.

La relación de porcentaje de píxeles en gris claro nos indica una mayor cantidad de materia seca ( $r = 0.64$ ), es decir, que a mayor porcentaje de píxeles en observados en la fotografía dentro de esta tonalidad mayor será la cantidad de materia seca, ya que esta muy relacionado con la materia seca.

Por el contrario el color verde nos indica una relación negativa con la materia seca ( $r = -0.95$ ), pero nos muestra que la cantidad de materia en verde es mas alta, ya que mayor porcentaje de píxeles en verde en la foto nos indica mayor cantidad de materia en verde (mayor humedad), pero menor cantidad de materia seca.

Esto sucede de igual manera con la tonalidad de gris ya que también tiene una relación negativa con la cantidad de materia seca ( $r = -0.95$ ), ya que a mayor porcentaje de píxeles en gris en la fotografía mayor será la cantidad de materia en verde.

## RESUMEN

El presente trabajo se llevo acabo en el rancho ganadero "El Pato" que se encuentra en el municipio de Muzquiz, Coahuila. El objetivo del trabajo fue desarrollar un método para la estimación de materia seca en gramíneas para el Noreste de Coahuila por medio de la fotografía digital. El trabajo de campo se realizo tomando 60 muestras (2 fotos por muestra) al azar dentro del rancho, teniendo un total de 120 fotos.

Para el tratamiento de las fotografías se uso el programa Adobe Photoshop versión 7.0 para el conteo de píxeles en las tonalidades Gris (L) y Verde (V), se realizo una base de datos para la correlación de los datos y para la obtención de los modelos.

Se realizo una matriz de 21 columnas (variables) x 120 renglones (observaciones). Estas observaciones consisten en que se tomaron 120 fotos, es decir, en total son 60 muestras (dos fotos por muestra). Las variables son 1 dependiente: Materia Seca de Gramíneas (MS\_HA) y 20 independientes que corresponden a 2 colores: verde (V) y Gris (L) cada uno con 10 tonos divididos en píxeles y porciento de píxeles. El mejor ajuste se observo en el gris claro ya que esta representa la cantidad de materia seca en las gramíneas y tiene una correlación positiva con la materia seca, y por el contrario el Verde (V) y Gris (G) tiene una correlación negativa con la materia seca, por el alto contenido de humedad. Por lo tanto el gris claro es el mejor para la estimación de materia seca en gramíneas.

## LITERATURA CITADA

- Bryant, F.C. and M.M. Kothman. 1979. Variability in predicting edible browse from crow volume. *J. Range Manage.* 32:144-146.
- Castañeda, R., F., M. Valencia C., J. Quiñones V. Y E. Castellanos P. 1989. Estimación indirecta de la biomasa de lagoncillo en el noreste de Durango. *Fac. de Agric. y Zoot. UJED. Resúmenes de sesiones técnicas Quinto Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. SOMMAP. Chihuahua, Chich.*
- Castañeda, F., F., M. Valencia C., J. Quiñones V. Y E. Castellanos P. 1990. Estimación indirecta de la biomasa de lagoncillo (*Acacia neovernucosa* Isley), en el noreste de Durango. *Revista manejo de Pastizales. SOMMAP.* 3(3):3-6
- Cook, C.W. 1971. Comparative nutritive values of forbs, grasses and shrubs. En: Mckell CM, Blaidell JP, Goodin JR (Eds.) *Wildlands shrubs, their biology and utilization. General Technical Report INT-1. USDA Forest Service. Utha State University, Logan, Utha. EEUU.* pp. 303-310
- COTECOCA (Comisión técnico consultiva para la determinación de los coeficientes de agostadero). 1978. Metodología para determinar tipos de vegetativos, sitios y productividad de sitios. COTECOCA-SAG. Publicación No. 8 México, D. F.
- ESRI, Inc. 1998. *Using Arcview Imagen Analisis Enviromental Systems Research Institute, Redlands, California.*
- Franklin, J.T.L. Logan, C.E. Woodcook and A.H. Strahler. 1986. Coniferus forest classification and inventory using Landsta and Digital Terrain data. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing.* Vol. GE-24. No. 1, 139-149pp.
- Ganguli, A. et. al. 2000. Comparison of four nondestructive Techniques for Estimating Standing Crop in short grass plains. En: *Agronomy journal* 92: 1211-1215.
- Granados, R., T. Reyna y Gomez. 1986. La teledetección en el seguimiento de las superficie de las superficies cultivadas de la Mesa del Centro de Guanajuato. P 24: in resúmenes de la VII Reunion Nacional Selper. Colima, México. *Sesing* 56: 1143-1146.
- Haydock, N. P. y Shaw, N. H. 1975. The comparative yiel mothal for estimating dry mater yield of pasture. *Aust. J. Agric. Anim. Husb.* 15:663.
- Hollstein, J. 1984. comparative contribution of grasses, forbs and scrubs to the nutrition of range ungulates. *Rangelands* 6:6.
- Jackson, R.D. y A.R. Huete. 1983. interpreting vegetation index preventive vetenary medicine. 11: 185-200.
- Klemmenson, I.O., R.C. Barth. 1975. Distribution and Balance of Biomass and Nutrient in Desert Shrub Ecosystem. *Utha. State Univ. Logan* 18 pp.

- Lara, N. 1997. Evaluación de la pradera natural y la suplementación en periodos críticos sobre la producción ovina de la VI R. Universidad Católica de Valparaíso.
- Le, Houérou H. N. and C. H. Hoste. 1997. *J. Range Mgmt.* 30:181-188
- Ludwing, I.A., I.F. Reynolds and Whitson P.D. 1975. Size Biomasa Relationships of Several Chihuahua Desert Shrubs. *The America Midland Naturallist.* 451-461.
- Newbould, P.J. 1967. methods for estimating the primary production of forests. IBP Handbook No.2. Great Britain. 62 p.
- Pieper, R.D. 1978. Meosuramen Techniques for herbaceous and shrubby vegetation. New Mexico. State University. U.S.A.
- Quiñones, V., J., E. Castellanos, P. y A. Pérez G. 1989. Estimación de la biomasa de una arbustiva en el noreste de Durango. *Revista Manejo de Pastizales. SOMMAP.* 2(3):14-20
- Quezada, T. D. 2005. Uso de fotografía digital para la estimación de biomasa en matorral espinoso Tamaulipeco. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 38 p.
- Rutherford, M.C. 1979. Plant based techniques for determinig available browse and browse utilization: a reviw. *The botanical review.* 45(2): 203-228. U.S.A.
- Rsedowski J. 1978 *Vegetación de México.* Edt. Limusa p. 59, 207, 208, 213, 247.
- Sanderson, M. et. al. 2001. estimating forage mass with a comercial Capacitance Meter, Rising Plate Meter and pasture Ruler. *En: Agronomy Journal* 93: 1281-1286.
- Salvador, R.A. 1986. Producción de biomasa de nopal *Opuntia ssp.* en las localidades de Noria de Guadalupe, Zacatecas y Ocampo, Coahuila. Tesis de lic. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Squella, F. y C. Ovalle. 1990. praderas naturales de las zonas mediterraneas. *Praderas para Chile.* 734.
- Tuker, C.J., J.R. Townshend y T.E. Goff. 1985. African land-cover classification using satellite data. *Science* 227:369-375.
- USDA. 1976. *Nationalt Range Handbook.* Soil Conservation Service. Washintong. D.C. U.S.A.
- Vallentine, J. F. 2001. *Grazing management.* 2ed. Academic Prees. California. P 1-6.
- Vora, R.S. 1988. Predicting biomass of five shrubs species in Northeast California. *J. Range Manage.* 41:63-65.
- White, D. and T.R. Tropel. 2000. (S/F). Balance entre la produccion y demanda de forraje de los pastizales. *Tex. Agri. Serv. Sys. E-96S 6-01.*

Whittaker, R. and P.L. Marks. 1975. Methods of assesing terresteerial productivity. In: Primary productivity of the biosphere Lieth, H. and R.H. Whittaker (ed) 1975. Spingler Verlog. N. Y. 339 pags.

Paginas de Internet consultadas

[http://es.wikipedia.org/wiki/Fotograf%C3%ADa\\_digital](http://es.wikipedia.org/wiki/Fotograf%C3%ADa_digital) consultada el 30 de marzo

<http://www.interlink.es/peraso/senib/senib1.htm> consultada el 25 de marzo

[http://es.wikipedia.org/wiki/Resoluci%C3%B3n\\_de\\_im%C3%A1genes](http://es.wikipedia.org/wiki/Resoluci%C3%B3n_de_im%C3%A1genes) consultada el 30 de marzo

<http://es.wikipedia.org/wiki/JPEG> consultada el 30 de marzo

[http://www.lilliputmodel.com/articulos/cebrian/teoria\\_color1.htm](http://www.lilliputmodel.com/articulos/cebrian/teoria_color1.htm) consultada el 28 de marzo

<http://www.muzquiz.com/geografia.html> consultado el 30 de marzo

Apéndice A. Coeficientes de Correlación tonalidad verde y gris.

<b>Variable</b>	<b>Tonalidad</b>	<b>negro</b>	<b>Verde oscuro</b>	<b>Verde</b>	<b>Verde claro</b>	<b>Blanco</b>
MA_HA	Verde	0.75	-0.95	0.64	0.64	0.85

<b>Variable</b>	<b>Tonalidad</b>	<b>negro</b>	<b>Gris oscuro</b>	<b>Gris</b>	<b>Gris claro</b>	<b>Blanco</b>
MS_HA	Gris	0.72	0.55	-0.95	0.75	0.88

Coeficientes de Correlación de Arcview

<b>Variable</b>	<b>Tonalidad</b>	<b>negro</b>	<b>Gris oscuro</b>	<b>Gris</b>	<b>Gris claro</b>	<b>Blanco</b>
MS_HA	Arcview	-0.42	-0.37	0.26	0.42	0.01