

Universidad Católica del Trópico Seco

“Pbro. Francisco Luis Espinoza Pineda”



**Informe Final de Tesis Para Optar al Título Profesional de
Ingeniero Agropecuario**

**Efecto de tres niveles de sombra en el comportamiento
fisiológico y vegetativo de cinco especies de leguminosas
herbáceas, UCATSE 2017**

Autores

Osiris Sinalthayana Rubio Rivas

Itzayana del Rosario Navarro Velásquez

Tutor

M.Sc. Wilfred Orestes Arauz Rodríguez

Asesor

M.Sc. William Arturo Ortiz González

Estelí, octubre de 2018

INDICE GENERAL

Contenido	Pág.
INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE ANEXOS	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
AGRACEDIMIENTO	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
4.1. Concepto e importancia de las leguminosas	6
4.2. Ventajas y desventajas de las leguminosas para la producción animal	9
4.3. Las leguminosas y su aporte a los suelos	9
4.4. Usos de las leguminosas	10
4.4.1. Asociaciones con gramíneas	10
4.4.2. Banco de proteínas	10
4.4.3. Leguminosas como abono verde	10
4.4.4. Leguminosas como cobertura viva	11
4.4.5. Leguminosas como cobertura muerta	11
4.4.6. Leguminosas en cultivos asociados	11
4.4.7. Las leguminosas como cultivos de rotación	12
4.4.8. Leguminosas para suelos degradados	12
4.5. Generalidades de las leguminosas	12
4.6. La Raíz de las Leguminosas	13
4.7. El Tallo	13
4.8. La Hoja	13
4.9. Características de las especies leguminosas	13
4.9.1. Características de <i>Cajanus cajan</i> (gandul)	13

4.10. Zonas de adaptación del Gandul.....	14
4.11. Composición química del follaje de gandul y su rendimiento en biomasa	14
4.12. Descripción de la Canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>).....	14
4.13. Zonas de adaptación de la Canavalia.....	15
4.14. Valor nutritivo.....	15
4.15. Rendimiento.....	15
4.16. Características de mungo (<i>Vigna radiata</i>).....	15
4.17. Zonas de adaptación de Mungo.....	15
4.19. Terciopelo	16
4.20. Efecto de la sombra de las leguminosas	16
4.21. Análisis foliar.....	16
V. MATERIALES Y METODOS	17
5.1. Ubicación geográfica	17
5.2. Definición de las variables con su operacionalización	17
5.3. Definición de variables con su operacionalización.....	19
5.3.1. Variables de desarrollo vegetativo	19
5.3.2. Variables climáticas	20
Diseño experimental	21
5.4. Selección de las técnicas o instrumentos para la recolección de datos.....	22
5.5. Procesamiento y análisis de datos.....	23
5.6. Manejo del ensayo	23
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
VII. CONCLUSIONES.....	31
VIII. RECOMENDACIONES	32
IX. BIBLIOGRAFIA.....	33
X. ANEXOS.....	35

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Índice de área foliar (IAF).....	27
Figura. 2. Resultados de Temperatura ambiental	28
Figura. 3. Resultados de Luminosidad	29
Figura. 4. Resultados temperatura de suelo.....	30

INDICE DE TABLAS

Tabla. 1. Ventajas de las leguminosas para la producción animal	9
Tabla. 2. Variables de desarrollo vegetativo	17
Tabla. 3. Variables climáticas.....	18
Tabla. 4. Matriz de códigos	22
Tabla. 5. Variables de desarrollo vegetativo	24
Tabla. 6. Medias y error estándar de variables de crecimiento de las especies leguminosas bajo tres intensidades de luminosidad contratantes.....	25

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hojas de campo para variables fisiológicas y vegetativas	35
Anexo 2. Esquemas del Diseño Experimental.....	35
Anexo 3. Análisis estadístico.....	36
Anexo 4. Levantamiento de datos	41
Anexo 5. Mapa donde se realizó el estudio.....	43

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Sergio Alejandro Rubio Rivas , Manuela de los Ángeles Rivas Meneses por estar siempre a mi lado cuando más los necesito en los buenos y malos momentos de mi vida, por mostrarme en cada momento, su apoyo incondicional y el interés en mi proceso de formación es determinante en el desarrollo completo en todos los aspectos de mi vida, ellos son para mí la base fundamental de mi vida, me han sabido guiar, levantarme y sostenerme en el camino sin importar las circunstancias, gracias por mostrarme que todo lo que me proponga que con un poco de esfuerzo nada es imposible sin importar el tiempo y el espacio.

Osiris Sinalthayana Rubio Rivas.

DEDICATORIA

¡La honra y gloria es para Dios!

Poniendo en primer lugar a Dios sobre todas las cosas, que me dio sabiduría y el placer de elegir sin miedo y seguridad mi profesión.

A mis padres Bayardo Navarro y Josefa Velásquez quienes con mucho esfuerzo me prepararon, mis logros se los debo a ustedes que se incluye este.

Gracias padres por ser los principales promotores de mis sueños desear, anhelar siempre lo mejor para mi vida. Gracias papá por dedicar tu tiempo para llevarme a campo y explicarme tus conocimientos.

A los docentes de Ucatse que durante el transcurso de mi carrera compartieron sus conocimientos que serán de mucha ayuda en mi carrera profesional.

Itzayana del Rosario Navarro Velásquez

AGRACEDIMIENTO

Dios tu amor y tu bondad no tienen fin nos permites sonreír ante todos nuestros logros que son resultado de tu ayuda. Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido te lo agradecemos padre y no cesan nuestras ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

A nuestros padres, porque ellos nos han dado razón a nuestras vidas, por sus consejos su apoyo incondicional y su paciencia todo lo que hoy somos es gracias a ellos.

A nuestro tutor M.Sc. Wilfred Orestes Arauz Rodríguez, que ha sido un amigo, docente por brindarnos su apoyo incondicional en este trabajo de investigación, gracias por su paciencia.

Al Ing. Jerald Steward Salgado Ponce, por su tiempo paciencia, apoyo por compartir con nosotras su experiencia.

Al Ing. Albert Williams Hernández, por dedicar parte de su tiempo para ayudarnos en la culminación de nuestro trabajo final de tesis.

A nuestra querida universidad UCATSE, que con dedicación y paciencia de cada docente nos permitió culminar cinco años de nuestra carrera.

RESUMEN

La investigación se realizó en UCATSE, Estelí - Nicaragua, para lo que se seleccionaron cinco especies de leguminosas como cultivo de cobertura (*Gandul*, *Mungo*, *Terciopelo Negro*, *Terciopelo Blanco*, *Canavalia*). Las especies fueron puestas en condiciones controladas de invernadero usando malla sarán con lo cual se obtuvieron tres intensidades lumínicas (75%, 50%, y 100% luz), y se confinaron en un diseño completamente al azar. En este estudio. Se evaluó el crecimiento, partición de biomasa y área foliar, los datos de crecimiento se procesaron con el programa estadístico InfoStat 1.1 mediante análisis de varianza. Las variables estructurales biomasa de las plántulas mostró que el nivel de luminosidad tiene un efecto significativo para todas las especies, exceptuando la variable biomasa total; en la raíz no se encontró significancia para ninguna de las variedades estudiadas, En un nivel 50% de radiación seguido por 100%, las plantas en esta condición presentaron mayor área foliar en comparación con 75%; en donde se determinó que terciopelo blanco y canavalia presentaron la mejor área foliar expresada en cm², partiendo del programa J Image que nos permitió hacer la comparación entre las especies en estudio, para el caso del sombreado empleado el que mejor comportamiento tuvo fue al 50% en donde Terciopelo Blanco, Terciopelo Negro, Mungo y Canavalia se comportaron mejor que en los demás índices de radiación, esto expresa que el sombreado al 50% es el que mejor presta las condiciones para el desarrollo vegetativos de estas leguminosas. Las especies leguminosas en un nivel de 50 % de radiación presentaron mayores datos de área específica foliar; mostrando que estas presentan una aclimatación a la sombra.

Palabras clave: Índice Foliar, Biomasa Seca, Gandul, Canavalia, Mungo, Terciopelo Blanco, Terciopelo Negro.

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua se encuentra localizada en el hemisferio occidental. Está comprendida entre los 8° y 11°-15 ° de Latitud Norte, y entre los 83° y 87° de Longitud Oeste. Esta situación ecológica hace posible que en el país se hayan establecido y desarrollado una de las grandes familias de plantas muy importantes como las leguminosas forrajeras más comunes que se encuentran y se utilizan en ganadería son: Centrosema (*Centrosema brasilianum*), Soya forrajera (*Glycine max* cv. Taluma), Clitoria o campanita (*Clitoria ternatea* cv Tehuana), Fríjol terciopelo (*Mucuna pruriens*), Frijol Caupí (*Vigna unguiculata*), Maní forrajero (*Arachis pintoi*), Canavalia (*Canavalia brasiliensis*) y Mungo (*Vigna radiata*) (INATEC, 2016).

Las leguminosas tienen también la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del grupo de los rizobios (Allen y Allen, 1981). El nitrógeno (N) es un componente de muchas biomoléculas y esencial para el crecimiento y desarrollo de todos los organismos. En los vegetales es responsable de muchas reacciones y parte de la estructura de la clorofila, enzimas y proteínas. Siendo esencial, su balance afecta a la formación de raíces, la fotosíntesis, la producción y tasa de crecimiento de las hojas y raíces. Por ser fijadoras de nitrógeno, las leguminosas son importantes desde el punto de vista ecológico, porque disminuyen o eliminan el uso de fertilizantes químicos (Goi *et al.*, 2014).

En la Universidad Católica del Trópico Seco (UCATSE) se han realizado estudios acerca del comportamiento fisiológico de las especies de cobertura, uno de ellos realizado por Almendrades (2014) evaluó cinco especies de leguminosas Cajuns Cajan (Gandul), Canavalia Ensiformes (Canavalia), Vigna Unguiculata (Caupí) y Vigna Radiata (Mungo), por lo que los resultados muestran que caupí con mayor producción de biomasa y materia verde y seca, mientras que presentó la mayor cobertura del suelo es el Mungo con un 86.25% y con la menor cobertura la tiene el Gandul con 21.25% por lo que los resultados muestran que Caupí y Mungo presentaron mejores comportamientos.

Otro estudio realizado por Castellón (2008) en la finca Santa Adelaida con seis especies de leguminosas herbácea con potencial forrajero para evaluar bajo la influencia de dos niveles de fertilización. No se encontró diferencia entre los dos niveles de fertilización sobre la

adaptación de las leguminosas. No obstante se encontró diferencias altamente significativas entre las leguminosas herbáceas siendo *Stylosanthes guianensis* A, la especie con menos capacidad de adaptabilidad, ya que su germinación fue nula, *Vigna unguiculata* L, fue la especie más susceptible al ataque de plagas, *Canavalia ensiformes* L, presentó el mejor vigor, *Canavalia brasiliensis* M presentó la mayor cobertura.

El suministro de fuentes proteicas es relativamente costoso: en tal sentido, se ha venido trabajando en la búsqueda de alternativas que resulten económicas y viables. Las leguminosas son especies capaces de sintetizar altos niveles de proteína cruda (PC), con una tasa relativamente baja de disminución de este componente en la medida que la planta madura comparada con especies de gramíneas tropicales. (J, 2011)

Con el presente estudio se pretende buscar alternativas productivas, ambientales, biológicas y económicas a bajo costo con el propósito de brindarle al productor como fuente de alimento, granos, forraje, abono verde, leña, madera, la reducción de agroquímicos, lo que permitirá proponer diferentes usos en la producción agropecuaria a partir de la capacidad de las mismas de adaptación.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el comportamiento vegetativo de cinco especies leguminosas herbáceas bajo diferentes niveles de sombra artificial en el periodo comprendido de junio a agosto del año 2017.

Objetivos específicos

Analizar la respuesta del desarrollo vegetativo de cinco especies leguminosas bajo tres niveles de sombra (0%, 50% y 75%).

Determinar la capacidad de aclimatación de las especies en relación a la interacción con la sombra.

Describir la influencia de los factores luminosidad, temperatura ambiente y de suelo bajo los tres niveles de sombra.

III. HIPÓTESIS

Al menos una de las cinco especies de leguminosa herbáceas presentará un comportamiento fisiológico y vegetativo óptimo, bajo diferentes niveles de sombra artificial que en relación a las demás.

IV. MARCO TEÓRICO

Nicaragua está situada en el centro del istmo Centroamericano, en la Zona Tropical Norte, entre el Ecuador y el Trópico de Cáncer en el Hemisferio Norte, entre los 10° y 15° 45´ Latitud Norte y los 79° 30´ longitud oeste. Esta situación ecológica hace posible que en el país se hayan establecido y desarrollado una de las grandes familias de plantas muy importantes como las leguminosas forrajeras más comunes que se encuentran y se utilizan en ganadería son: Centrosema (*Centrosema brasilianum*), Soya forrajera (*Glycine max* cv. Taluma), Clitoria o campanita (*Clitoria ternatea* cv Tehuana), Fríjol terciopelo (*Mucuna pruriens*), Frijol Caupí (*Vigna unguiculata*), Maní forrajero (*Arachis pintoi*), Canavalia (*Canavalia brasiliensis*) y Mungo (*Vigna radiata*) (INATEC, 2016).

Las leguminosas son plantas de mucha importancia proporcionan cubiertas vegetales que aumentan la permeabilidad y capacidad de retención del agua generando beneficio directo al suelo, ayudan a la granulación disminuyendo los efectos de la erosión, son fijadoras de nitrógeno al estar en simbiosis con bacterias del genero *Rhizobium* y sobre todo son fuente de proteína. En el contexto de la agricultura sostenible, el uso de especies fijadoras de nitrógeno es considerado una estrategia biológica dirigida a la sostenibilidad. Por dicha capacidad, estas especies favorecen la restauración de la fertilidad en períodos de barbechos y rotación de cultivos (Castro, 2016).

Después de las gramíneas la familia de las leguminosas es la segunda en importancia como fuente de alimento. Si se toma en cuenta el sistema de producción es la más importante, ya que proporciona grano y forraje prácticamente sin necesidad de hacer aplicaciones de fertilizantes nitrogenados (Caballero, 1995). Esta familia es una de las más ricas en número y especies entre las angiospermas; se calcula que la familia incluye 590-690 géneros y entre 1400-1800 especies (Caballero, 1995; citado por Montiel, 1983).

El suministro de fuentes proteicas es relativamente costoso; en tal sentido, se ha venido trabajando en la búsqueda de alternativas que resulten económicas y viables. Las leguminosas son especies capaces de sintetizar altos niveles de proteína cruda (PC), con una tasa

relativamente baja de disminución de este componente en la medida que la planta madura comparada con especies de gramíneas tropicales (Castro, 2016)

4.1. Concepto e importancia de las leguminosas

Leguminosas son plantas leñosas o herbáceas con fruto tipo legumbre y con diversas especies cultivadas por su importancia en la alimentación humana y del ganado y sus aplicaciones industriales. Las leguminosas son capaces de fijar nitrógeno atmosférico por su simbiosis con el género bacteriano *Rhizobium*

Las plantas de la familia de las leguminosas tienen características que las distinguen en muchos aspectos de otras familias, tanto por la uniformidad morfológica entre los géneros, como por su hábito de crecimiento y por la forma de sus hojas (que son compuestas y trifoliadas, con una estípula). Además, sus raíces se caracterizan porque contienen nódulos con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, que mejoran la fertilidad del suelo (Bonilla, 2005).

Las Leguminosas son las únicas plantas que pueden fijar y acumular el nitrógeno del aire en sus raíces y aportar de esta manera el nutriente más importante para el suelo. Hay leguminosas que pueden fijar hasta 300 kg de nitrógeno por ha, y que nos ahorran el fertilizante químico. Las leguminosas tienen mucha capacidad de producir follaje (lo que también es llamado biomasa) y son muy importantes para la producción de forrajes o abonos verdes. Por lo regular, tienen un rápido y extendido crecimiento, por eso son excelentes como cobertura del suelo.

Todas las leguminosas desarrollan raíces profundas y fuertes que aflojan el suelo, algunas como la alfalfa profundizan hasta dos metros, y dejan pequeños canales para la ventilación del suelo y la filtración del agua. Por la gran cantidad de materia orgánica que producen, alimentan la vida en el suelo. Por los cuatro aportes que siguen: El aporte de nitrógeno, de materia orgánica, de cobertura y porque ayudan a la profundización del suelo; las leguminosas son excelentes para recuperar suelos erosionados, compactados o pobres en nutrientes. Integradas las leguminosas en la rotación o la asociación de cultivos y en las barreras vivas, brindan nitrógeno acumulado a otros cultivos y a los árboles frutales. Son las plantas que tienen el contenido más alto de proteína en su follaje y en el grano, por eso son

indispensables en la alimentación humana, hasta podrían sustituir a la carne. Igual importancia tiene para la cría y el engordo de animales, o al incorporarlas al suelo, son muy nutritivas para los microorganismos (Bonilla, 2005).

La siembra de plantas de cobertura con diferentes fines de uso es una práctica importante de la Agricultura Ecológica, y se considera una actividad adicional a la siembra de los cultivos principales. Junto con otras técnicas agroecológicas nos garantiza el mantenimiento de la fertilidad y mejor conservación del suelo. Uno de sus propósitos es mantener el suelo cubierto. Las leguminosas tienen también la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del grupo de los rizobios (Allen On, 1981).

El nitrógeno (N) es un componente de muchas biomoléculas y esencial para el crecimiento y desarrollo de todos organismos. En los vegetales es responsable de muchas reacciones y parte de la estructura de la clorofila, enzimas y proteínas. Siendo esencial, su balance afecta a la formación de raíces, la fotosíntesis, la producción y tasa de crecimiento de las hojas y raíces. Por ser fijadoras de nitrógeno, las leguminosas son importantes desde el punto de vista ecológico, porque disminuyen o eliminan el uso de fertilizantes químicos. De las aproximadamente 19 000 especies de leguminosas no se tiene aún información de la mayoría de ellas sobre su capacidad de nodular, es decir para establecer simbiosis con bacterias fijadoras de N (Gois, 2014)

La necesidad de satisfacer la demanda creciente de proteína animal sea carne o leche, para el consumo humano, nos lleva a ser eficientes en la producción animal. Entre los factores que influyen en esta eficiencia tenemos la nutrición animal.

En el medio se ha determinado que la alimentación para la producción bovina más económica es la proveniente de los pastizales, sin embargo, esta no es suficiente para llenar los requerimientos productivos, ya sea por las limitantes de proteína que aportan, la digestibilidad de los nutrientes, la calidad de los suelos en que se desarrolla el pastizal o la estacionalidad de las lluvias que limitan la oferta forrajera en ciertos periodos del año. Una alternativa viable y económica es el aprovechamiento de las leguminosas tanto naturales

como cultivadas para mejorar la calidad de la dieta y la oferta forrajera para la producción bovina en épocas deficitarias de pastos. (Bonilla, 2005)

Las leguminosas almacenan un alto contenido de nitrógeno a lo largo de su estructura, sean hojas, flores, frutos y tallos, que pueden ser aprovechados por la naturaleza digestiva de los rumiantes. Igualmente provee un mejoramiento en la fertilidad del suelo que aumenta la sostenibilidad del sistema productivo (Bonilla, 2005)

Desde el punto de vista productivo, las leguminosas forrajeras cumplen un papel resaltante ya que además de ser una alternativa como fuente de proteína para la producción animal, aportan beneficio al sustrato tomando el nitrógeno libre y fijándolo al suelo (Bonilla, 2005)

Según su ciclo vital pueden ser anuales o perennes. En el medio natural y dependiendo de sus hábitos de desarrollo pueden presentar portes herbáceos, rastreros, trepadoras, arbustivas y arbóreas. La mayoría de las leguminosas forrajeras son nativas y espontaneas en nuestras zonas de producción, en ocasiones por el desconocimiento de su acción benéfica, se ven amenazadas por los productores, quienes, al realizar prácticas de mantenimiento del pastizal como el control químico de malezas, las perjudican (Bonilla, 2005)

Existen tres familias de leguminosas cesalpiniáceas, la mimosáceas y la papilionáceas, las cesalpiniáceas no noduladas se consideran como del grupo primitivo. Las mimosáceas que son principalmente árboles y arbustos son mas avanzadas y están noduladas pero su distribución es bastante restringida. Las papilionáceas aunque comprenden las especies pratenses tropicales mas valiosas contienen tambien las tribus especializadas de clima templado lotos, vezas y treboles que encierran las mayor parte de las leguminosas forrajeras de clima templado comunmente utilizadas (P.J. Skerman, 1991)

4.2. Ventajas y desventajas de las leguminosas para la producción animal

Tabla. 1. Ventajas de las leguminosas para la producción animal

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Son fuente importante de proteínas de buena calidad, dado que poseen una amplia gama de aminoácidos esenciales que las hacen superiores a las gramíneas que las hacen superiores a las gramíneas tropicales.• Presentan una concentración de nitrógeno en las hojas, superior al de las gramíneas.• Referente a la edad de la planta, sus contenidos de proteína tienden a disminuir más gradualmente que en las gramíneas.• Son plantas ricas en calcio.• Presentan bajos niveles de fibras, por lo cual son más digestibles en comparación con las gramíneas tropicales.	<ul style="list-style-type: none">• Presentan diferentes tipos de crecimiento, con mayor variación y más lento que las gramíneas.• Sus rendimientos de materia verde son de tres a cuatro veces menores que el de las gramíneas forrajeras mejoradas, son plantas C3.• En arbustos y árboles el consumo puede verse limitado por la facilidad de acceso al follaje.• Presentan sustancias anti metabólicas que producen efectos tóxicos en el animal.

4.3. Las leguminosas y su aporte a los suelos

Es conocida la particularidad que poseen la mayoría de leguminosas de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo, actuando de esta manera como mejoradoras de la fertilidad del mismo. Esto se debe a la simbiosis con microorganismos bacterianos del género *Rizobium* las cuales viven saprofiticamente en el suelo, utilizando fuentes de energía y sustancias nitrogenadas del medio. Al infectar o ser inoculados a las raíces forman conglomerados celulares llamados nódulos en el cual es fijado el nitrógeno facilitándose su absorción por la planta y a su vez, al envejecer la raíz o morir estos nódulos son aportados al suelo siendo aprovechados por otras plantas entre ellas las gramíneas. Se refieren cantidades de nitrógeno fijado por algunas plantas leguminosas entre 20 a 560 Kg/ha año, dependiendo del suelo y de la humedad lo cual significa una economía nada despreciable en la inversión de fertilizar el pastizal (Bonilla, 2005)

4.4. Usos de las leguminosas

4.4.1. Asociaciones con gramíneas

Se puede definir la asociación como la interrelación armónica y equilibrada entre dos o más especies, siendo en este caso gramíneas y leguminosas. Con estas asociaciones se pretende introducir en el subsistema pastizal un componente mejorador de la dieta animal, sobre todo en las épocas críticas.

Las asociaciones con especies introducidas es una alternativa, al respecto se debe manejar la agresividad vegetativa, tanto de las gramíneas presentes como de la leguminosa a usar, de no existir ese equilibrio, la competencia se hace difícil, persistiendo, finalmente, la más agresiva e invasora de las dos. (Domingo, Marzo,2005)

4.4.2. Banco de proteínas

Es un área de terreno o potrero destinado al uso exclusivo de una especie vegetal rica en proteínas, el cual puede ser usado mediante un pastoreo controlado o cosecharse mediante prácticas de cortes. Se requiere de especies de alta producción de materia seca, un buen desenvolvimiento durante la época seca y que garantice una buena calidad tanto química como física en el forraje. Una de las plantas promisorias para este tipo de sistema es la leucaena, cuyas características de rendimiento, palatabilidad y calidad la hacen una leguminosa importante para la alimentación bovina. (Domingo, Marzo,2005)

En este sistema, el uso de leguminosas arbóreas y herbáceas está limitado al 20-30% del área total de pastoreo. Por lo tanto, los beneficios que estas plantas pueden aportar estarán circunscritos solamente al área que ocupan; caso contrario ocurre en las asociaciones donde las leguminosas arbóreas y herbáceas, sembradas por diferentes métodos, cubren toda el área de pastoreo y benefician toda la pradera. (Domingo, Marzo,2005)

4.4.3. Leguminosas como abono verde

El abono verde proveniente de plantas leguminosas tiene como objetivo conservar o restaurar la productividad de la tierra mediante la incorporación en el suelo de materia vegetal no descompuesta. En la agricultura convencional el abono verde crece por un periodo específico

y luego se incorpora en el suelo con la labranza, con el propósito de descomponer el material. El resultado es un incremento de la actividad microbiana con una súbita liberación de altas cantidades de nutrientes que no pueden ser capturados por las plántulas del siguiente cultivo y por lo tanto desaparecen del sistema (Benites, 2014)

4.4.4. Leguminosas como cobertura viva

En regiones semiáridas, especies tolerantes a la sequía tales como la *Canavalia Ensiformis*, proporcionan cobertura viva al suelo por dos a tres meses después de que las lluvias han cesado; de otra forma el suelo permanecería desnudo hasta la próxima temporada de cultivo.

El cultivo de cobertura viva también es usado en plantaciones madereras. Especies como, *Canavalia Ensiformis*, *Mucuna spp* y *Dolichos spp*. Han sido establecidas bajo los árboles de pino, eucalipto y del pochote o cedro espino (*Bombacopsis quinata*) (Anderson *et al.*, 1997).

4.4.5. Leguminosas como cobertura muerta

Los residuos de cultivos dejados en la superficie del suelo en agricultura con labranza cero conducen a una más alta agregación del suelo, una porosidad más alta y a un número superior de macroporos, y por lo tanto propician una mayor infiltración del agua.

La selección de los cultivos de cobertura depende principalmente de los altos niveles de lignina y de ácidos fenólicos que tengan las posibles especies que se pueden utilizar. Tanto la lignina como los ácidos fenólicos dan a los residuos una más alta resistencia a la descomposición y por lo tanto resulta en una protección del suelo por un periodo más largo (Benites, 2014).

4.4.6. Leguminosas en cultivos asociados

Las asociaciones de cultivos tienen numerosos beneficios en los sistemas de producción. Por ejemplo, el maíz puede ser asociado con gandul y crotalaria, que se plantan cuando el maíz ha alcanzado una altura de 30 cm. En una práctica muy común incluye la asociación de maíz con *Canavalia* plantados de 80 a 100 días después del maíz. Después de la cosecha del maíz estas especies aceleran su desarrollo, lo que produce un crecimiento por doquier de los residuos del maíz. Los cultivos subsecuentes pueden incluir frijoles, sorgo o girasol (Benites, 2014).

4.4.7. Las leguminosas como cultivos de rotación

Generalmente una rotación de especies de diferentes familias y con diferentes necesidades nutricionales es recomendable. Las rotaciones de cultivo incrementan los rendimientos, adicionan materia orgánica al suelo y mejoran su fertilidad.

En el planeamiento de una rotación de cultivo se debe alternar un cultivo de cereales con uno de leguminosas; alternar un cultivo que produce gran cantidad de residuos con uno que produce pocos residuos y determinar si el cultivo es comercial, así como su costo-efectividad.

4.4.8. Leguminosas para suelos degradados

Hay numerosas especies de leguminosas que sirven para restaurar suelos degradados. Son plantas que toleran salinidad, aridez, sequía, suelos ácidos y alcalinos, calor extremo y sequías y vientos.

Se reporta que las leguminosas tropicales tienen la capacidad de fijar grandes cantidades de nitrógeno, como el caso del *Centrosema pubescens*, que produjo 235 kg de N/ha año. Esto hace que las gramíneas forrajeras ayuden a incrementar la producción de carne por hectárea en más de 150% en comparación con el uso de un solo tipo de pasto como base para la alimentación.

4.5. Generalidades de las leguminosas

Esta familia es una de las más ricas en número y especies entre las angiospermas; se calcula que la familia incluye 590-690 géneros y entre 1400-1800 especies (Caballero, 1995; citado por Montiel, 1983).

Después de las gramíneas la familia de las leguminosas es la segunda en importancia como fuente de alimento. Si se toma en cuenta el sistema de producción es la más importante, ya que proporciona grano y forraje prácticamente sin necesidad de hacer aplicaciones de fertilizantes nitrogenados (Castro, 2016).

Además de ser plantas ricas en proteínas, poseen un alto contenido de vitaminas A, C, D y la del complejo B; entre los minerales el calcio y aunque no tiene mucho fósforo, pero sí lo tiene en mayor cantidad que muchas gramíneas. Con respecto a estas últimas se consideran que las leguminosas las supera por su gran contenido de materia nutritiva (Binder, 1997).

4.6.La Raíz de las Leguminosas

La raíz de las leguminosas, especialmente las de tipo herbáceo, tiene raíces pivotantes con muchas raíces secundarias y terciarias. Estas últimas tienen la capacidad de formar nódulos, en los cuales se establecen y se desarrollan bacterias (*Rhizobium*). Estas bacterias fijan el nitrógeno atmosférico que circula en el suelo, el cual es indispensable tanto para la vida vegetal como para el animal.

4.7.El Tallo

El desarrollo de los tallos de las leguminosas varía mucho según la especie. La mayoría de ellos son aéreos y pueden presentarse: Erectos (*Stylosanthes guianensis*, *Estilosantes* y, *Gliricidia sepium*, Madero Negro); Semierectos (*Centrosema pubescens*, *Centrosema* y, *Clitoria* spp.) y; Rastreros (*Pueraria phaseoloides*, Kudzú y, *Arachis pintoi*, Maní forrajero).

4.8. La Hoja

Las hojas de las leguminosas son bipinadas con folíolos aserrados, que pertenecen a las mimosáceas compuestas como las de las cesalpináceas y hojas estipuladas de tipo imparipinnado que pueden estar reducido a un tipo trifoliado hoja multifoliada

4.9.Características de las especies leguminosas

4.9.1. Características de *Cajanus cajan* (gandul)

Conocido como el nombre común de gandul, es un arbusto anual o perenne que puede alcanzar de 3 a 5 metros de altura. Hojas trifoliadas, con folíolos elípticos, agudos en ambos extremos con el haz de color verde oscuro y el envés de color verde claro cubierto por una pubescencia blancuzca y fina. Las flores se presentan en racimos, con flores de color amarillo con manchas rojizas o de combinaciones amarillo y púrpura. El sistema radicular está compuesto de una raíz pivotante y de raíces laterales que pueden llegar a medir hasta 3 metros

de profundidad. Las vainas contienen de 5-7 granos, de color verde en los primeros estadios y amarillento o crema en la maduración según la variedad (Binder, 1997).

4.10. Zonas de adaptación del Gandul.

Se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 800 a 2000 m de altura, pero prefiere los suelos de textura arenosa – franco arcilloso, con un pH óptimo de 5.0-7.0. Se desarrolla bien en zonas con una precipitación óptima que varía entre 700 y 2000 mm anuales (Binder, 1997).

El contenido promedio de proteína cruda es 17%, su digestibilidad promedio de la materia seca es 64%. La producción de grano es de 200 a 600 kg/ha y la producción de forraje es de 49 kg MS/a aproximadamente (Binder, 1997).

El *Cajanus cajan* es una planta de día corto, sin embargo, existen variedades de día largo, floración semi determinada, una mata de gandul forma hasta 5000 flores en un mes, su desarrollo inicial es moderado, el crecimiento productivo es alto, su sistema radical tiene gran capacidad para el reciclaje de nutrientes (Binder, 1997).

4.11. Composición química del follaje de gandul y su rendimiento en biomasa

Produce 700-950 qq/mz de materia verde y de 30-190 qq/mz con fertilización hasta 450 qq/mz de materia seca. En relevo llega a 60 qq/mz con un contenido de nitrógeno de 125 lbs/mz, composición química del tejido en estado de floración y formación de vainas (Binder, 1997).

4.12. Descripción de la Canavalia (*Canavalia ensiformis*).

Leguminosa herbácea erecta a enredadera, anual a perenne. Ciclo de cultivo de 170 240 días, germinación rápida; altura de 60 – 100 cm, con raíces pivotantes. Los tallos son pocos ramificados, glabros y de color púrpura. Flores de color blanco a rosado, vainas con 30 cm de largas y 3.5 cm de ancho, aplastadas ensiformes e indehiscente, de 12 – 20 semillas por vaina de forma oblongas o redondas, algo aplastadas, lisas y de color blanco (Binder, 1997).

4.13. Zonas de adaptación de la Canavalia.

Crece bien hasta una altura de 900 msnm, precipitación alrededor de 900 - 1200 mm. Tolera la sequía, la sombra y moderadamente inundaciones. Crece en suelos pobres con poco contenido de fósforo; textura franco-arenoso a arcillosa, con pH 4.3 – 8.0 siendo el óptimo 5.0 y 7.3 (Binder, 1997).

4.14. Valor nutritivo

Proteína cruda en el follaje de 22.5%, y digestibilidad de 66 % (Binder, 1997).

4.15. Rendimiento

Produce de 360 a 625 qq/mz de materia verde y 50 a 110 qq/mz de materia seca; en relevo llega a 54 qq/mz de materia seca. Con un nitrógeno de 114 lb/mz (Binder, 1997).

4.16. Características de mungo (*Vigna radiata*).

Descripción

Es una leguminosa herbácea, anual, erecta y voluble; alcanza una altura de 50 a 80 cm; tiene raíces pivotantes y fibrosas. Los tallos son poco pubescentes, cubiertos de pelo color castaño. Las vainas son cilíndricas, delgadas de 6 – 8 cm de largo, indehiscente, vellosa en estado tierno con pelos sedosos y contienen de 10 – 12 semillas; estas de color verdoso a verde dorado y de 3 – 5 mm de largo (Binder, 1997).

4.17. Zonas de adaptación de Mungo.

Crece hasta una altura de 1850 msnm, con una precipitación entre 600 – 1800 mm. Tolera bien la sequía y la sombra. Se ajusta a una gama amplia de suelos agotados, pero se comporta mejor en suelos fértiles y arenosos; con pH 5 – 7. Prefiere niveles moderados de fósforo y no tolera salinidad (Binder, 1997).

Valor nutricional Proteína cruda en follaje fresco de 13 %, digestibilidad de 70 – 75% y proteína cruda en el grano de 21 % (Benites, 2014).

4.18. Rendimiento.

Produce de 60 a 80 qq/mz de materia seca (Binder, 1997).

4.19. Terciopelo

Fríjol terciopelo (*Mucuna pruriens*) Es una leguminosa anual a bianual, de crecimiento vigoroso, hábito rastrero, se extiende encima de 6 a 10 m de longitud. Hojas grandes trifoliadas, las flores se dan en racimos largos, de color blanco con tinte de color púrpura. Dependiendo de la variedad hay grandes cambios en los colores de la semilla, desde negro, marrón, café, blanca, rayadas, jaspeadas. Contiene alto nivel de proteína bruta que oscila entre 11 y 23 % y la digestibilidad es alta de 70%.

4.20. Efecto de la sombra de las leguminosas

Mayormente, el aspecto positivo de introducir árboles en los cafetales se relaciona con la capacidad de éstos para fijar nitrógeno; de esta forma las especies leguminosas del género Inga y Erythrina son consideradas como especies que mejoran la fertilidad del suelo. Varios estudios sugieren que la sombra con estas especies proporciona la hojarasca con contenido equilibrado de nutrientes, aumenta la densidad de lombrices de tierra y aumenta el reciclaje de los nutrientes del subsuelo (P.J. Skerman, 1991).

Sin embargo, en sistemas agroforestales, los árboles del género Inga o Erythrina son plantados bajo la sombra de árboles más altos como maderables. En la actualidad los sistemas agroforestales con café, cacao y otros sistemas multi-estratos utilizan los géneros Inga y Erythrina donde los árboles leguminosos se encuentran en diferentes condiciones lumínicas (en rangos de pleno sol a completamente sombreados). La fisiología de estos géneros ha sido poco estudiada a pesar de tener gran importancia en el agro-ecosistema, donde surgen diferentes preguntas sobre adaptación a la sombra, eficiencia de uso de agua, fijación de Nitrógeno en diferentes condiciones y capacidad de crecimiento.

4.21. Análisis foliar

Hojas bien expandidas y sanas de las plantas experimentales por variedad, serán muestreadas. Las muestras foliares serán mezcladas para tomar una sola muestra por variedad; se transportarán al laboratorio para ser secadas a una temperatura de 70°C a peso constante. Las muestras se analizarán para determinar la concentración total de Nitrógeno.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1.Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en la Universidad Católica del Trópico Seco (UCATSE) Ubicada a 166 ½ kilómetros de la capital Managua sobre la carretera panamericana norte, a los 13° 14' 52" de latitud norte y 86° 22' 37" de longitud oeste con una precipitación promedio de 923mm anuales, presentando una humedad relativa del 57% al 78% y una temperatura media anual de 21.4 °c catalogada bajo condiciones de trópico seco (INETER, 2018)

5.2.Definición de las variables con su operacionalización

Tabla. 2. Variables de desarrollo vegetativo

Variables de desarrollo vegetativo

Variable	Definición conceptual	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
Altura de la planta	La altura de la planta es la distancia más corta entre el límite superior de los tejidos fotosintéticos principales (excluyendo las inflorescencias) en una planta y el nivel del suelo, expresada en metros.	Centímetros, Metros	Planta	Hoja de campo Regla
Circunferencia basal	Haciendo referencia a la base de una planta. Hojas basales sólo se producen en la base del tallo o en el suelo.	Centímetros	Planta	Pie de rey
Índice de área foliar (IAF)	Es la expresión numérica adimensional	Centímetros	Planta	

resultado de la división aritmética del área de las hojas de un cultivo expresado en m^2 y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en m^2 .

Materia seca	Es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio.	Gramos	Hojas de la planta	Horno temperatura 90 grados Bolsa
---------------------	--	--------	--------------------	-----------------------------------

Variables climáticas

Tabla. 3. Variables climáticas

Variable	Definición conceptual	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
Temperatura ambiental	Es una magnitud física que indica la intensidad de calor o frío de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente, en general, medido por un termómetro	Grados centígrados	Parcela	Aparato TINYTANG
Temperatura del suelo	Cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua.	Grados centígrados	Parcela	sensor placa arduino

Luminosidad	Se define como la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido	Watt	Parcela	Sensores de luminosidad
--------------------	---	------	---------	-------------------------

5.3. Definición de variables con su operacionalización

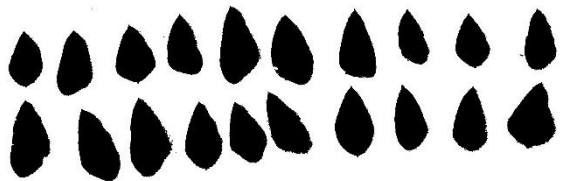
Las variables fueron medidas en el transcurso del experimento:

5.3.1. Variables de desarrollo vegetativo

Altura de la planta: Se hicieron tres mediciones con intervalos de siete días respectivamente, esto desde el nivel del suelo hasta la parte apical de la planta, exactamente donde las vainas de las dos hojas más nuevas forman la letra V; utilizando una regla graduada en cm.

Circunferencia basal (mm): Se midió a la altura de 10 cm con respecto al nivel del suelo para todas las plantas, esto para mantener una altura constante de medición y disminuir el error en la misma. Para esta medición, se utilizó un pie de rey.

Índice de Área foliar (IAF): El IAF se refiere al área de la hoja con respecto al área de suelo (Turner 1998). Esta variable se determinará midiendo el largo y ancho en centímetros de cada hoja verdes multiplicado por un factor de corrección de 0.80 (Aristizábal (2008), Dold (2010). El cual se midió al final del ensayo.



Gandul



Canavalia

Materia seca (%MS): Para determinar el porcentaje de materia seca de hojas, tallos y raíz, se tomaron muestras de tres plantas seleccionadas al azar. Cada planta se sacó con todo y raíz y se separó por partes, (hoja, tallo, raíz), se tomó una muestra de cada planta, se colocó en una bolsa de papel para ser trasladada al laboratorio, donde fue secada en el horno a una temperatura de 90 °C por 24 horas; una vez secada la muestra, se realizaron los cálculos el porcentaje de materia seca dividiendo el peso seco entre peso húmedo multiplicado por 100.

5.3.2. Variables climáticas

Las variables Humedad relativa, humedad de suelo y temperatura, representaron a las variables explicativas que permitió comparar directamente la influencia relativa que ejercen sobre las variables dependientes. Se definió como tales variables explicativas a las siguientes:

Temperatura ambiental: La temperatura de la planta y la del ambiente no son iguales porque las plantas son capaces de enfriarse por evapotranspiración y de calentarse por irradiación. Las plantas buscan alcanzar su temperatura óptima, para lo que es muy importante que exista un equilibrio entre la temperatura ambiental, la humedad relativa y la luz. Se midió con el aparato Tinytang cada dos horas.

Temperatura del suelo: La Temperatura del suelo acondiciona los procesos microbianos que tienen lugar en el suelo. La temperatura también influye en la absorción de los nutrientes, especialmente del fósforo que es menor en suelos fríos. Se midió con un sensor placa arduino cada media hora.

La temperatura del suelo es importante porque influye en los procesos bióticos y químicos. Es importante para la germinación y cada planta tiene sus requerimientos determinados. Normalmente por encima del 5° C es posible la germinación.

La capa superficial del suelo agrícola sufre las mayores oscilaciones de temperatura. La temperatura de la capa superficial se trasmite hacia arriba al aire, y hacia abajo a capas inferiores del suelo y al subsuelo, amortiguándose rápidamente sobre todo hacia abajo.

Luminosidad: Se define como la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido.

Diseño experimental

La población se obtuvo en un área experimental de 30 m² dividida en tres bloques de aproximadamente 10 m² cada uno, con un espacio de 1m entre cada parcela. La muestra la representaron tres plantas elegidas al azar por cada tratamiento.

El diseño experimental fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial (A, B) tres niveles numéricos y cinco niveles categóricos respectivamente (Anexo 2), donde:

- | | | |
|---------------------------|---|-------------------|
| Factor A (Sombra) | { | 0% |
| | | 50% |
| | | 75% |
| Factor B (Especie) | { | Gandul |
| | | Canavalia |
| | | Mungo |
| | | Terciopelo negro |
| | | Terciopelo blanco |

Tabla. 4. Matriz de códigos

Variedad	Nivel de Sombra	Tratamiento	Código
Gandul	0%	T1	G1S0
Gandul	50%	T2	G1S50
Gandul	75%	T3	G1S75
Mungo	0%	T4	M1S0
Mungo	50%	T5	M1S50
Mungo	75%	T6	M1S75
Terciopelo Negro	0%	T7	TN1S0
Terciopelo Negro	50%	T8	TN1S50
Terciopelo Negro	75%	T9	TN1S75
Terciopelo Blanco	0%	T10	TB1S0
Terciopelo Blanco	50%	T11	TB1S50
Terciopelo Blanco	75%	T12	TB1S75
Canavalia	0%	T13	C1S0
Canavalia	50%	T14	C1S50
Canavalia	75%	T15	C1S75

El diseño consistió en 15 tratamientos con 3 repeticiones (5x3x3) para un total de 45 Unidades Experimentales (UE). La unidad experimental estaba constituida por un contenedor de polietileno con capacidad para 0.49 kg de sustrato, el cual contenía una planta de las diferentes especies evaluadas.

5.4. Selección de las técnicas o instrumentos para la recolección de datos

Los datos de las variables vegetativas, se recolectaron en una hoja de campo (Anexo 1) por tratamiento. Inmediatamente, después de la medición, los datos se almacenaron en una base de datos.

5.5. Procesamiento y análisis de datos

Las variables numéricas se analizaron estadísticamente de forma inferencial para lo cual se realizó la comprobación de supuestos con la prueba Normalidad (Shapiro Wilks). Posteriormente se realizaron la prueba de ANOVA factorial al 95% de confianza, donde se comprobó la interacción entre especie y sombra y su correspondiente prueba de separación de medidas con el estadístico de Tukey con un valor alfa $p < 0.05$. El paquete estadístico que se implementó para el procesamiento de datos será INFOSTAT v10.

5.6. Manejo del ensayo

El estudio se estableció bajo condiciones controladas de invernadero usando malla sarán, donde se utilizó un sensor para medir la radiación fotosintéticamente activa (RAFA), se utilizó malla sarán a 50% sombra y sarán a 75% sombra, el testigo se consideró con 100% de luminosidad y se ubicó dentro del invernadero. Por ende, se obtuvieron tres intensidades lumínicas (50%, 75%, y 100% luz).

En general, cinco especies de plantas herbáceas de la familia de las leguminosas los cuales fueron: *mungo*, *gandul*, *canavalia*, *tercio pelo negro* y *tercio pelo blanca* se seleccionaron para este estudio, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, además de reducir gases de efecto invernadero, mejoramiento de la fertilidad de suelos y preservación de los recursos hídricos en sistemas agroforestales. Estas especies representan un subconjunto entre 20 especies más comunes encontradas en sistemas agroforestales con café.

Todas las especies fueron trasplantadas a tubetes con sustrato tierra fértil, puestas a crecer un sustrato compuesto por tierra 60%, lombrihumus 30% y cascarilla de arroz 5%.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para llevar a cabo esta investigación se realizó un ensayo experimental a nivel de campo donde se establecieron cinco especies de leguminosas herbáceas para evaluar el efecto de tres niveles de sombra en el comportamiento fisiológico y vegetativo de cinco especies de leguminosas herbáceas.

Tabla. 5. Variables de desarrollo vegetativo

Variables	Canavalia	Gandul	Mungo	Terciopelo Blanco	Terciopelo Negro
	P Valor	P Valor	P Valor	P Valor	P Valor
Biomasa raíz	0.9511	0.7204	0.8475	0.8884	0.8880
Biomasa Tallo	0.9605	0.0243	0.7738	0.5055	0.9948
		G1S0 A			
		G1S50 AB			
Biomasa Hojas	0.7983	0.9079	0.5369	0.3233	0.9259
Biomasa total	0.9137	0.2088	0.9952	0.9545	0.9765
Altura	0.9644	0.8144	0.4603	0.9092	0.9872
Tallo	0.9983	0.8158	0.5750	0.9770	0.9928
Hojas	0.0227	0.1456	0.0445	0.7198	0.0001
	C1S50				TN1S50

Para las variables de desarrollo vegetativo.

Se observó un efecto significativo de los tratamientos de radiación, en cuanto al número de hojas y biomasa de tallo para las variedades de leguminosa canavalia, gandul y terciopelo negro. Todas las especies se comportaron similar con respecto a las variables de biomasa a excepción de gandul en la biomasa de tallo que se comportó mejor que las demás en la sombra 50% y a pleno sol, con respecto a las variables vegetativas las variedades que mejor se comportaron fueron, canavalia y terciopelo negro en cuanto a la variable número de hojas en donde el sombreado al 50% fue el mejor, para las demás variables diámetro de tallo y altura no hubo diferencia estadística significativa.

(Jonathan A. González, 2008), en un estudio sobre el comportamiento agronómico y productivo de nueve leguminosas herbáceas forrajeras, señala que el tallo es una variable

muy importante que puede ser afectado por altas densidades de siembra, competencia por luz y agua con frecuencia elongación del tallo, favoreciendo el acame producto del viento.

Tabla. 6. Medias de variables de crecimiento de las especies leguminosas bajo tres intensidades de luminosidad contratantes.

Variables	Nivel de sombra	Canavalia	Gandul	Mungo	Terciopelo Blanco	Terciopelo Negro
Biomasa raíz	0	6.87 A	0.71 A	1.43 A	5.60 A	3.94 A
	50	6.42 A	0.52 A	1.57 A	5.27 A	4.15 A
	75	6.92 A	0.42 A	2.10 A	6.59 A	4.58 A
Biomasa Tallo	0	3.25 A	1.00 A	2.22 A	1.17 A	1.68 A
	50	3.68 A	0.36 AB	1.28 A	2.38 A	1.81 A
	75	3.99 A	0.21 B	1.46 A	1.20 A	1.63 A
Biomasa Hojas	0	1.35 A	2.20 A	0.39 A	1.04 A	0.62 A
	50	1.69 A	2.47 A	1.32 A	0.82 A	0.55 A
	75	0.99 A	2.08 A	0.41 A	0.54 A	0.70 A
Biomasa total	0	11.10 A	3.91 A	4.16 A	8.33 A	6.23 A
	50	11.78 A	3.35 A	4.04 A	8.31 A	6.51 A
	75	12.25 A	2.70 A	3.97 A	7.81 A	6.91 A
Altura	0	27.56 A	16.89 A	21.44 A	24.89 A	23.44 A
	50	27.89 A	13.67 A	28.44 A	27.33 A	22.44 A
	75	26.11 A	13.78 A	26.78 A	25.44 A	23.44 A
Tallo	0	2.67 A	0.60 A	0.80 A	1.84 A	1.40 A
	50	2.74 A	0.42 A	1.23 A	1.66 A	1.37 A
	75	2.66 A	0.45 A	0.61 A	1.88 A	1.30 A
Hojas	0	7.44 B	10.67 A	7.11 A	10.22 A	10.00 B
	50	11.44 A	16.22 A	10.78 A	11.33 A	20.11 A
	75	8.11 AB	13.33 A	6.56 A	8.66 A	8.33 B

En general los mayores valores de biomasa (raíz, tallo, hojas, total) y en la parte vegetativa, altura, diámetro de tallo y número de hojas, se presentaron a niveles de radiación del 50% y 75%. Sin embargo, algunas especies no presentaron este patrón general de esta forma, Gandul y Mungo presentaron buenos resultados a pleno sol, para la variable biomasa de raíz y biomasa de tallo.

Canavalia y Terciopelo Blanco fueron las variedades que tuvieron mayores valores de biomasa seca (11.78 gramos en 50% sombra y 8.33 gramos a pleno sol) respectivamente, lo que indica que a la vez presentaron una influencia marcada en la luminosidad, se observó de igual manera que para las variables vegetativas con respecto a la sombra, las variedades canavalia, mungo y terciopelo blanco presentaron los mejores valores en un 50% sombreado (27.89 cm, 28.44 cm y 27.33 cm respectivamente), a diferencia de las variedades Gandul que su mejor comportamiento estuvo a pleno sol con 16.89 cm y terciopelo negro a pleno sol y con un sombreado de 75%, 23.44 cm con respecto a las demás.

En relación a las variables diámetro de tallo y número de hojas, el comportamiento de las variedades fue similar en donde Canavalia, Gandul, Mungo y Terciopelo Blanco a un 50% de sombra presentaron los mejores valores de número de hojas con (11.44, 16.22, 10.78, y 11.33 hojas respectivamente), a diferencia que terciopelo negro que a un 75 % sombra se comportó mejor con 10 hojas a diferencia de los demás niveles. Para el caso del diámetro Canavalia y Mungo se comportaron igual a un 50% sombra con relación a Gandul y Terciopelo Negro que fue a pleno sol su mejor comportamiento, para el caso de Terciopelo Blanco su mejor comportamiento se evidenció a un 75% sombra.

Sin embargo, un estudio realizado sobre el Comportamiento fisiológico de cuatro especies de *Ingas* y una especie del género *Erythrina* bajo diferentes niveles de luminosidad (Harvin Martin Centeno Velasquez, mayo 2013) indican que a niveles de luz a 10 % todas las especies de leguminosas se comportaron de manera similar con lo que respecta a altura relativa. A 40 % de luminosidad se presentó la misma situación a diferencia de *I. oerstediana* que sobresalió con su altura comparándola con pleno sol. En lo que se refiere a diámetro relativo se puede observar que la reducción en crecimiento entre 100% a 40% de luz, no es tan marcada entre las diferentes especies, mientras que a niveles de 10 % de la luz todas las especies tuvieron comportamiento similar.

De esta forma, aumentando la razón de área foliar las especies pueden tratar de maximizar la captación de la luz con una reducida biomasa foliar. El aumento de la razón de área foliar para los individuos en baja luminosidad se puede tratar de llevar por un aumento en la proporción de hoja (que no se presentó en todas las especies), pero además por un aumento en el área específico foliar, a nivel de la hoja que hace que las hojas sean más finas.

Por ende, las plantas tratan de maximizar con recursos limitados la captación de la luz, por medio de un aumento del área foliar, es por esta combinación de efectos (aumento de proporción de hoja, área específica foliar y razón de área foliar en bajos niveles de luz) que podemos observar que el área foliar total en todas las especies no presentó diferencia entre pleno sol y 40% de la luz.

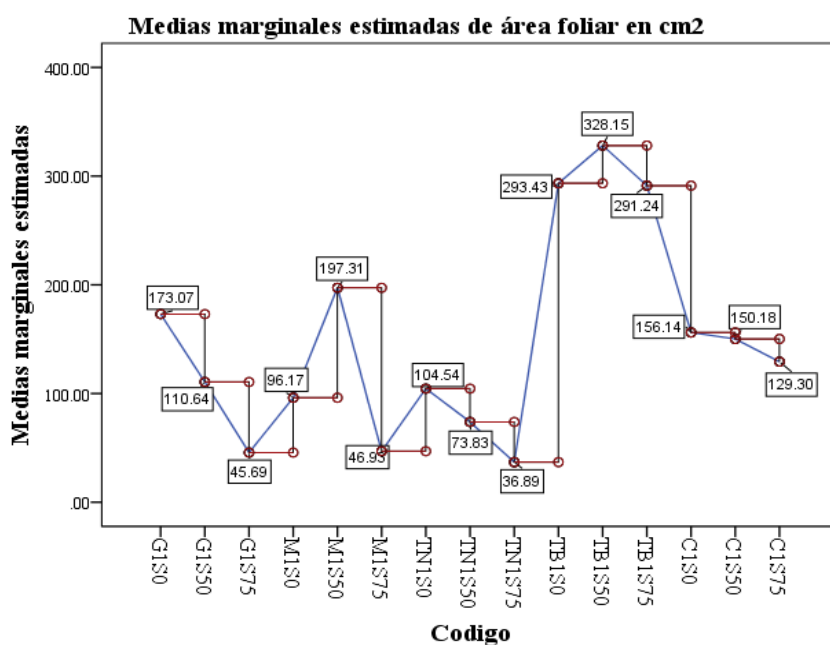


Figura. 1. Índice de área foliar (IAF)

El índice de área foliar nos da las pautas para evaluar el desarrollo y crecimiento de los cultivos en los estudios de requerimientos hídricos y evaluaciones sobre eficiencia bioenergética o determinar el daño producido por plagas y enfermedades sobre el follaje. La estimación del rendimiento en distintos cultivos puede basarse en el IAF determinado en alguna etapa fenológica y previamente correlacionado mediante algún método de determinación: destructivo, no destructivo, in situ o determinaciones por métodos empíricos. Esta correlación deberá ser realizada para un cultivo bajo condiciones regionales acotadas.

En este experimento se ha demostrado que la acumulación de materia seca hasta la cosecha y el IAF son características con estrecha correlación con el rendimiento para cultivos como lo son las leguminosas, en donde se determinó que terciopelo blanco y canavalia presentaron la mejor área foliar expresada en cm² partiendo del programa J Image que nos permitió hacer la comparación entre las especies en estudio, para el caso del sombreado empleado el que mejor comportamiento tuvo fue al 50% en donde Terciopelo Blanco, Terciopelo Negro, Mungo y Canavalia se comportaron mejor que en los demás índices de radiación, esto expresa que el sombreado al 50% es el que mejor presta las condiciones para el desarrollo vegetativos de estas leguminosas.

Por su parte (Cayon, 2001), en un estudio sobre la evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila, concluyo que el incremento y desarrollo de la producción de un cultivo depende fundamentalmente de su área foliar lo que permite utilizar eficientemente la energía solar en el proceso fotosintético.

Figura 2. Medias marginales estimadas del área foliar en cm²

Variables climáticas

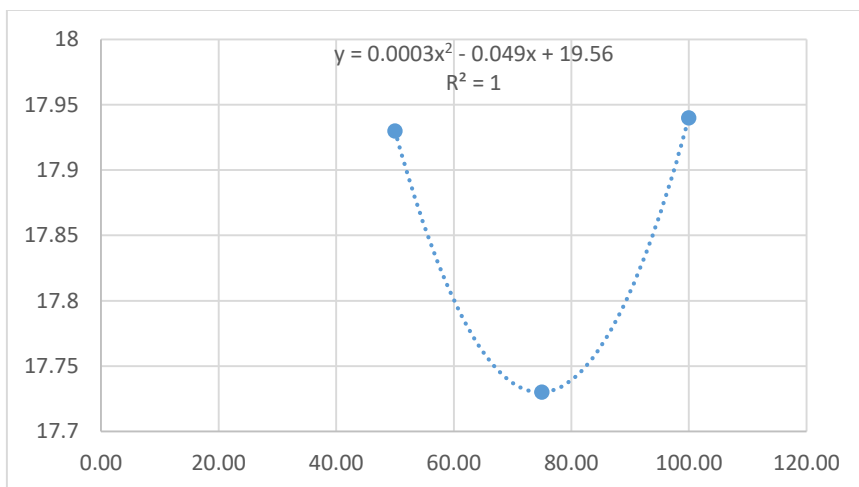


Figura 1. Resultados de Temperatura ambiental

Durante el estudio las variables de temperatura fueron medidas en las plantas de leguminosas herbáceas. Se realizaron muestreos de temperatura en los primeros quince días de establecido el experimento seguidamente se tomaron datos cada seis días.

En la variable de temperatura no se encontró diferencia significativa a ($p \leq 0.05$) entre los tres tratamientos, sin embargo, los resultados indican que a medida que aumenta la sombra la temperatura baja 0.049% que se demostró que a menor nivel de sombra aumenta la temperatura.

Este resultado se afianza en un estudio de cultivos herbáceos realizado por (Manso de Dios, 2001) , encontró que la temperatura óptima para las leguminosas, es una temperatura media de 21°C. También algunas de las leguminosas resisten temperaturas más elevadas que las gramíneas, como es el caso de la alfalfa, de aquí la importancia que tiene esta leguminosa en los climas cálidos, de lo dicho se deduce que en una parcela constituida por leguminosas y gramíneas, las gramíneas tendrán mayor desarrollo en el verano y el invierno y las leguminosas en la primavera y en el verano en caso de parcelas de riego.

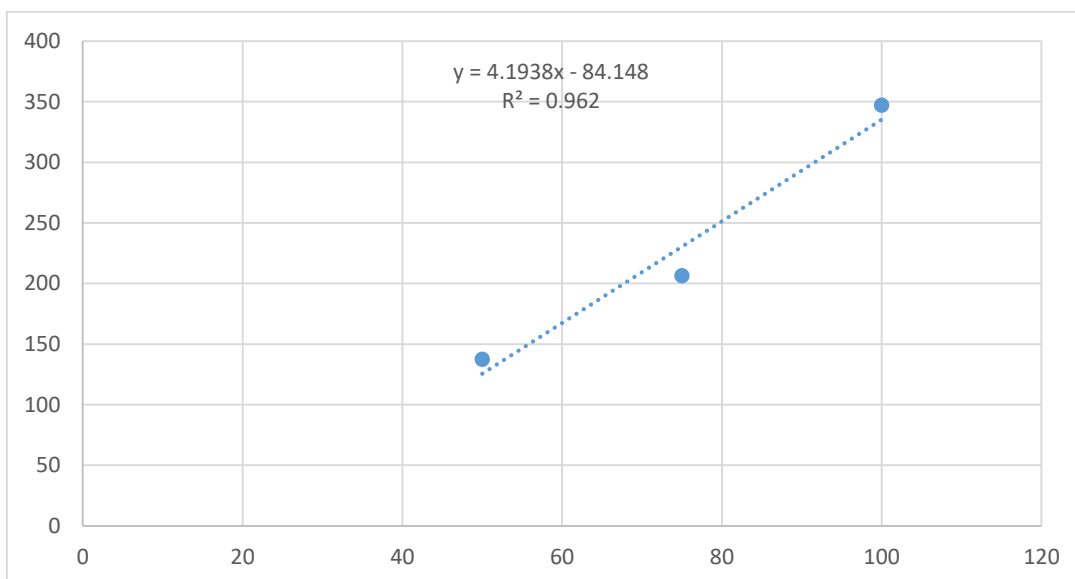


Figura 3. Resultados de Luminosidad

Este resultado indica que a medida que disminuye la sombra, la luminosidad aumenta 4.1938%

En la variable de temperatura no se encontró diferencia significativa a ($p \leq 0.05$) entre los tres tratamientos, sin embargo, se demostró que a menor nivel de sombra aumenta la temperatura.

(Valladares F, 2004) Por su parte destaca, en un estudio realizado sobre la luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua, encontró que la

disponibilidad de luz además de influenciar el crecimiento (Biomasa total, altura y diámetro) en general puede potencialmente afectar la repartición de biomasa entre los diferentes órganos de la planta. De esta forma, la planta invierte sus recursos de forma diferente entre los órganos con función de una mayor captación de luz y asimilación de dióxido de carbono (hojas), de captación de agua y nutrientes minerales (raíces) y de sostén (tallos).

La morfología funcional y en particular las asignaciones de biomasa a diferentes órganos de la planta varían mucho con el desarrollo ontogenético y las condiciones de crecimiento. En condiciones de baja luminosidad se espera por lo tanto que la planta invierta mayores recursos en la captación de luz mayor biomasa en hojas y al mismo tiempo reduzca la proporción de biomasa en las raíces.

Cuando la intensidad de radiación es baja, la inversión en enzimas fotosintéticos no se maximiza y las diferencias intrínsecas entre especies, respecto a su capacidad fotosintética, no se expresan (Valladares F, 2004).

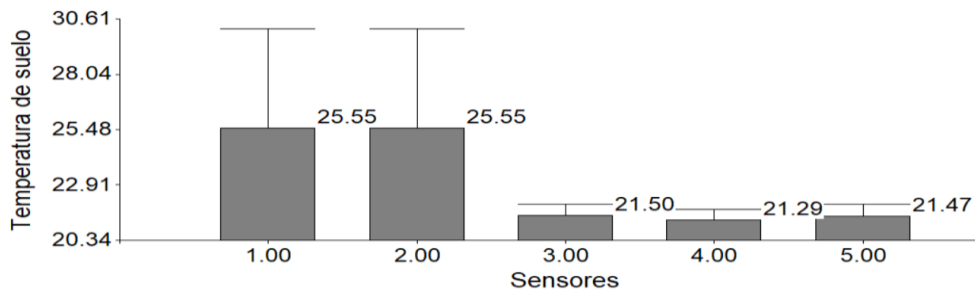


Figura 4. Resultados temperatura de suelo

En la variable de temperatura de suelo no se encontró diferencia significativa a ($p \leq 0.05$) entre los tres tratamientos.

Un estudio realizado por (Garcia, 1978), sobre los cultivos extensivos herbáceos señala que el óptimo de la temperatura en las gramíneas se encuentra entre los 15-20 grados centígrados, el de las leguminosas esta entre los a 25 grados centígrados. También algunas de las leguminosas resisten temperaturas más elevadas que las gramíneas, de lo dicho se deducen que en una pradera constituida por leguminosas y gramíneas tendrán estas últimas mayor desarrollo en el otoño y el invierno y las primeras mayores en la primavera y también en el verano en caso de praderas de regadío.

VII. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo se concluye que las especies estudiadas de leguminosas como cultivo de cobertura (*Gandul*, *Mungo*, *Terciopelo Negro*, *Terciopelo Blanco*, *Canavalia*). En el nivel de 50 % de radiación presentaron mayores datos de área específica foliar; mostrando que estas presentan una aclimatación a la sombra.

En el nivel de 75% se determinó que terciopelo blanco y canavalia presentaron la mejor área foliar expresada en cm², partiendo del programa J Image que nos permitió hacer la comparación entre las especies en estudio, para el caso del sombreado empleado el que mejor comportamiento tuvo fue al 50% en donde Terciopelo Blanco, Terciopelo Negro, Mungo y Canavalia se comportaron mejor que en los demás índices de radiación.

La biomasa de las plántulas mostró que el nivel de luminosidad tiene un efecto significativo para todas las especies, exceptuando la variable biomasa total; en la proporción de raíz no se encontró significancia para ninguna de las variedades estudiadas.

Los diferentes tratamientos de luminosidad no influyen en cuanto al grosor del tallo en las especies de leguminosas utilizadas en el experimento ya que las plantas que fueron evaluadas no presentaron una variabilidad del diámetro de los tallos.

Los cultivos de cobertura se pueden utilizar como abonos verdes como una alternativa de manejo y mejoramiento de los suelos ya que aportan nitrógeno, debido al incremento de materia orgánica y estas mejoran la fertilidad del suelo.

VIII. RECOMENDACIONES

Las variedades que mejor se comportaron en el nivel de sombra 50% fueron Canavalia, Mungo, Terciopelo Blanco y Terciopelo Negro por lo que se recomienda utilizarla como una alternativa agroecológica, ya que están ligadas a la sostenibilidad de los agroecosistemas y a las diferentes propiedades emergentes que confluyen: fertilidad, calidad y salud del suelo expresadas en productividad y viabilidad económica capacidad para renovarse y conservarse.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Allen On. (1981). *Las leguminosas fuente de características y nodulación*. Londres: Universidad de Wisconsin Press.
- Benites, J. R. (2014). *Agricultura de conservación: una práctica innovadora con beneficios económicos y medioambientales*. Peru: Agrobanco.
- Binder. (1997). *CARACTERIZACIÓN DE 16 GENOTIPOS DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS*. Managua: La Calera.
- Bonilla, E. P. (octubre de 2005). *caracterización de leguminosas herbáceas asociados con maíz*, 48.
- Castellon, m. I. (Abril 2008). *adaptabilidad de seis leguminosas herbáceas con potencial forrajero bajo dos niveles de fertilización*. Esteli.
- Castro, E. (2016). *Utilización de leguminosas forrajeras*. Bogota Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Cayon, G. (2001). *Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila*. Francia: Revista Internacional INFOMUSA.
- Domingo, M. C. (Marzo, 2005). Manejo de Pasto I. 169.
- García, a. G. (1978). *cultivos herbáceos extensivos*. Madrid- España: libro agrícola del año 1978.
- Gois, A. N. (2014). *Potencialidades de leguminosas*. Peru: XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo.
- Harvin Martín Centeno Velásquez, W. R. (mayo 2013). *comportamiento fisiológicos de cuatro especies de Ingas y una especie del género de Erythrina bajos diferentes niveles de luminosidad UCATSE-Esteli 2012*. esteli.
- INETER. (Viernes de Septiembre de 2018). Obtenido de Insitituto Nacional de estudios territoriales : www.ineter.ni/ubicaciones_grografica_territoriales
- J, R. (2011). *Establecimiento y manejo de leguminosas herbáceas de importancia forrajera en zonas semi haridas de Venezuela*. Venezuela: Astro Data S.A Maracaibo, Venezuela.
- Jonathan A. González, L. R. (2008). *Comportamiento agronómico y productivo de nueve leguminosas herbáceas forrajeras*. Matagalpa, Nicaragua: UNA.
- López, m. I. (2001). *evaluación de dos especies de leguminosas de cobertura frijol caballero (dolichos lablab) frijol terciopelo (mocuna pruriens) para el control de coyolillo (cyperus rotundus)*. Esteli.
- Manso de Dios, M. y. (2001). *Efecto de la luz y la temperatura en la*. Salamanca.

Olivas, I. V. (Junio 1997). *Evaluacion de cuatro especies de leguminosas utilizadas como abono verde*. Esteli.

P.J. Skerman, D. C. (1991). *Leguminosas forrajeras tropicales* . Roma: Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion .

Valladares F, A. I.-G. (2004). *la luz como factor ecologico y evolutivo para las plantas y su interaccion con el agua* . Madrid- España : Ministerio de ambiente.

X. ANEXOS

Anexo 1. Hojas de campo para variables fisiológicas y vegetativas

Variables de desarrollo vegetativo

N° de muestreo:

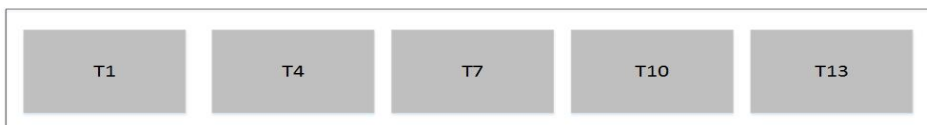
Fecha: ____/____/2017

Tratamiento: _____ Especie: _____ Sombra: _____

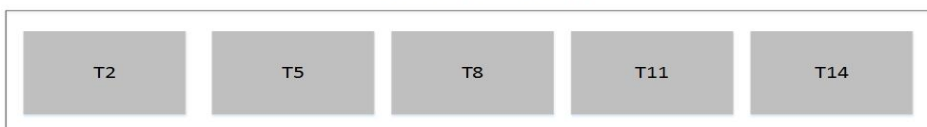
N° planta/rep.	Díámetro (cm)	Altura (cm)	Área foliar (mm)	N° hojas	Biomasa verde (gr)	Biomasa seca (gr)
1						
2						
3						
Promedio						

Anexo 2. Esquemas del Diseño Experimental

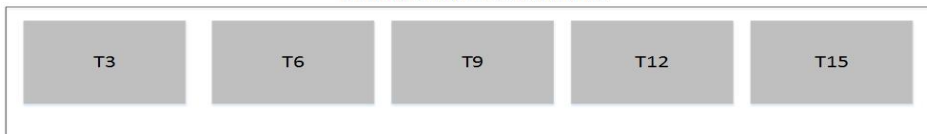
BLOQUE CON 0% SOMBRA



BLOQUE CON 50% SOMBRA



BLOQUE CON 75% SOMBRA



Anexo 3. Análisis estadístico

Análisis estadístico de temperatura

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Temperatura	45	0.06	0.01	2.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.44	2	0.22	1.29	0.2859
Sombra	0.44	2	0.22	1.29	0.2859
Error	7.11	42	0.17		
Total	7.55	44			

Contrastes

Sombra	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Contraste1		0.01	0.15	1.6E-03	1	1.6E-03	0.01	0.9227
Contraste2		0.42	0.26	0.44	1	0.44	2.57	0.1163
Total			0.44	2	0.22	1.29	0.2859	

Coefficientes de los contrastes

Sombra	Ct.1	Ct.2
50.00	-1.00	1.00
75.00	0.00	-2.00
100.00	1.00	1.00

Medidas resumen

Sombra	Variable	Media
50.00	Temperatura	17.93
75.00	Temperatura	17.73
100.00	Temperatura	17.94

Análisis estadístico de luminosidad

Medidas resumen

Sombra	Variable	Media
50.00	luminosidad 13	252.33
50.00	luminosidad 19	34.00
50.00	luminosidad 21	183.00
50.00	luminosidad 22	115.50
50.00	luminosidad 24	177.50
50.00	luminosidad 25	143.00
50.00	luminosidad 26	82.50
50.00	luminosidad 27	362.50
50.00	luminosidad 28	285.00
50.00	luminosidad 29	349.00
50.00	luminosidad 31	1108.00
50.00	luminosidad 01	212.00
50.00	luminosidad 02	273.00
50.00	luminosidad 04	913.00
50.00	luminosidad 07	305.00
50.00	luminosidad 08	374.00
50.00	luminosidad 10	501.33
50.00	luminosidad 11	559.50
50.00	luminosidad 15	100.00
50.00	luminosidad 16	900.00
50.00	luminosidad 17	422.00
50.00	luminosidad 18	247.00

75.00	luminosidad	13	142.33
75.00	luminosidad	19	67.00
75.00	luminosidad	21	81.50
75.00	luminosidad	22	39.50
75.00	luminosidad	24	83.00
75.00	luminosidad	25	283.00
75.00	luminosidad	26	180.50
75.00	luminosidad	27	181.50
75.00	luminosidad	28	185.00
75.00	luminosidad	29	213.00
75.00	luminosidad	31	136.00
75.00	luminosidad	01	108.00
75.00	luminosidad	02	143.00
75.00	luminosidad	04	410.00
75.00	luminosidad	07	157.50
75.00	luminosidad	08	197.00
75.00	luminosidad	10	402.00
75.00	luminosidad	11	93.50
75.00	luminosidad	15	46.00
75.00	luminosidad	16	530.00
75.00	luminosidad	17	130.50
75.00	luminosidad	18	120.00

100.00	luminosidad	13	356.00
100.00	luminosidad	19	104.00
100.00	luminosidad	21	247.00
100.00	luminosidad	22	234.50
100.00	luminosidad	24	229.50
100.00	luminosidad	25	349.50
100.00	luminosidad	26	236.00
100.00	luminosidad	27	113.00
100.00	luminosidad	28	250.00
100.00	luminosidad	29	377.00
100.00	luminosidad	31	520.00
100.00	luminosidad	01	348.00
100.00	luminosidad	02	456.00
100.00	luminosidad	04	1137.00
100.00	luminosidad	07	492.50
100.00	luminosidad	08	960.00
100.00	luminosidad	10	508.00
100.00	luminosidad	11	362.50
100.00	luminosidad	15	124.00
100.00	luminosidad	16	1352.00
100.00	luminosidad	17	1063.00
100.00	luminosidad	18	270.00

Análisis estadístico de temperatura de suelo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Teperatura	45	0.23	0.16	75.87	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5150.78	4	1287.69	3.07	0.0271
Sensor	5150.78	4	1287.69	3.07	0.0271
Error	16798.46	40	419.96		
Total	21949.23	44			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=27.59120

Error: 419.9614 gl: 40

Sensor	Medias	n	E.E.
2.00	21.57	9	6.83 A
5.00	21.58	9	6.83 A
4.00	21.69	9	6.83 A
3.00	21.81	9	6.83 A
1.00	48.41	9	6.83 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Sensor 2

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Sensor 2	56	1.00	0.99	7.72	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	21798.18	28	778.51	210.57	<0.0001
Fecha	21798.18	28	778.51	210.57	<0.0001
Error	99.82	27	3.70		
Total	21898.00	55			

Sensor 3

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Sensor 3	56	0.66	0.31	11.39	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	313.72	28	11.20	1.89	0.0510
Fecha	313.72	28	11.20	1.89	0.0510
Error	160.01	27	5.93		
Total	473.73	55			

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Temperatura de suelo	30	0.09	0.00	31.16	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	122.90	4	30.73	0.59	0.6699
Sensores	122.90	4	30.73	0.59	0.6699
Error	1292.12	25	51.68		
Total	1415.02	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=12.19007

Error: 51.6849 gl: 25

Sensores	Medias	n	E.E.
4.00	21.29	6	2.93 A
5.00	21.47	6	2.93 A
3.00	21.50	6	2.93 A
2.00	25.55	6	2.93 A
1.00	25.55	6	2.93 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Sensor 4

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sensor 4	56	0.75	0.50	9.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	351.78	28	12.56	2.96	0.0030
Fecha	351.78	28	12.56	2.96	0.0030
Error	114.45	27	4.24		
Total	466.23	55			

Sensor 5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sensor 5	56	0.72	0.42	9.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	265.42	28	9.48	2.44	0.0114
Fecha	265.42	28	9.48	2.44	0.0114
Error	104.73	27	3.88		
Total	370.15	55			

Sensor 6

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sensor 6	56	0.75	0.49	9.68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	348.47	28	12.45	2.88	0.0037
Fecha	348.47	28	12.45	2.88	0.0037
Error	116.79	27	4.33		
Total	465.26	55			

Anexo 4. Levantamiento de datos



Vista del ensayo



Levantamiento de datos



Muestras de variable de desarrollo vegetativo



Índice de área foliar

Anexo 5. Mapa donde se realizó el estudio

