

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT**  
**FACULTAD DE AGRICULTURA**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**  
**POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS**



**"EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE *Leucaena lanceolata* y  
*Leucaena leucocephala* COMO BANCO DE PROTEÍNAS  
BAJO CONDICIONES DE SUELOS SALINOS"**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE**  
**MAESTRO EN CIENCIAS PECUARIAS**  
**P R E S E N T A:**  
**JOSE LUIS PONCE CASTILLO**



**DESARROLLO**  
**BIBLIOTECARIO**

**XALISCO, NAY., MEXICO**

**JULIO DE 2000**



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

FACULTAD DE AGRICULTURA

C. ING. ALFREDO GONZALEZ JAUREGUI  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT  
P R E S E N T E

At'n. Ph D. Roberto Gómez Aguilar  
Subdirector de Posgrado e Investigación

Los suscritos C. Dr. Everardo Becerra Bernal, Dr. Candelario Rubio Torres, Dr. Arturo Aguirre Hernández, Dr. Alberto Madueño Molina y Dr. Miguel Angel Carmona Medero, integrantes del Consejo Asesor para revisar, ordenar, coordinar y asesorar la tesis de Maestría en Ciencias Pecuarias titulada:


**"Evaluación Agronómica de *Leucaena lanceolata* y *Leucaena leucocephala* como Banco de Proteínas bajo condiciones de suelos salinos"**

Que presenta ante el Honorable Jurado Calificador el C. Ingeniero Agrónomo

**JOSE LUIS PONCE CASTILLO**

Comparecemos ante usted para manifestar que después de revisar los aspectos de forma y contenido, no existe inconveniente para continuar con los trámites legales de este proceso de obtención de Grado, autorizando su impresión.

CONSEJO ASESOR

  
DR. EVERARDO BECERRA BERNAL

  
DR. J. CANDELARIO RUBIO TORRES

  
DR. ARTURO AGUIRRE HERNANDEZ

  
DR. ALBERTO MADUENO MOLINA

  
DR. MIGUEL ANGEL CARMONA MEDERO

C.c.p. Interesado

## DEDICATORIA

A mi esposa Ma. del Socorro y a mis hijos:

Christian José

Gloria María

Iris Mariel

y

Luis Fernando

Con amor, ternura, por recorrer y compartir estoicamente el camino de mi formación.

A mis padres Caritina y Delfino (+)

Con amor, gratitud y por su apoyo incondicional.

A mis hermanos, maestros, compañeros y amigos

Con respeto y admiración.

*"LA VIDA ES DEMASIADO CORTA PARA SER PEQUEÑA"*

*¡FE ES CREER EN LO QUE NO SE VE; Y LA RECOMPENSA ES VER LO QUE UNO CREE!*

## AGRADECIMIENTO

A Dios:

Por haberme permitido llegar al término de un ciclo mas de mi preparación; por darme la serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar; valor para cambiar lo que si se puede y sabiduría para conocer la diferencia.

A la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) por permitir las facilidades para que continuara mi superación académica.

A la Facultad de Agricultura (FAUAN) y al Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias por darme la oportunidad de realizar en sus laboratorios y aulas mis estudios de Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado a través de su programa de becas y financiamiento parcial con el proyecto de investigación 0707PB.

Al North American Wetlands Conservation Act del U. S. Fish and Wildlife Service, Department of the Interior, U. S. A., Grant Agreement No. 14-48-009-96-1290, por el financiamiento parcial.

A la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), así como al Distrito de Desarrollo Rural de Compostela por facilitar la terminación del presente trabajo.

Al CBTA 130 de Guadalupe Victoria, Municipio de San Blas, Nayarit, por las facilidades otorgadas para que el trabajo de campo se estableciera en sus instalaciones.

Con respeto y admiración a mis asesores:

Dr. Candelario Rubio Torres quien ha sido un factor fundamental en la coordinación y definición de los horizontes del PICP en Nayarit.

Dr. Everardo Becerra Bernal por la dirección, motivación y apoyo general para la realización de esta investigación.

Dr. Arturo Aguirre Hernández por la revisión, atención y sugerencias del presente trabajo.

Dr. Alberto Madueño Molina por la revisión y arreglo general de este trabajo.

Dr. Miguel Angel Carmona Medero por su colaboración y valiosas sugerencias.

A mi compañero y amigo Ampelio por compartir conmigo una estrecha coordinación para el desarrollo de los trabajos en esta investigación.

A todas aquellas personas que de una u otra forma participaron apoyando la realización de este trabajo.

**A TODOS ELLOS: ¡G R A C I A S!**

## INDICE GENERAL

	Pág
	-
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xv
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	4
1.2. Objetivos	4
1.2.1. General	4
1.2.2. Específicos	4
1.3. Justificación	5
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Las Leguminosas	7
2.1.1. Leguminosas arbóreas de uso forrajero	8
2.1.2. Utilización de leguminosas por rumiantes y monogástricos	9
2.1.2.1. Alimentación de rumiantes	9
2.1.2.2. Alimentación en monogástricos	11
2.2. Sistema Silvopastoril	12
2.2.1. Características de los árboles multipropósito	14
2.2.2. Clasificación de sistemas silvopastoriles	14
2.2.3. Banco de proteína	14
2.2.4. Interacciones en los sistemas silvopastoriles	15
2.3. El género <i>Leucaena</i>	15
2.3.1. Distribución	16
2.3.1.1. <i>Leucaena lanceolata</i> S. Watson subsp. <i>lanceolata</i>	16

2.3.1.2. <i>Leucaena lanceolata</i> S. Watson subsp. <i>sousae</i>	17
2.3.2. Clasificación y descripción botánica	17
2.3.2.1. <i>Leucaena leucocephala</i>	19
2.3.2.2. <i>Leucaena lanceolata</i>	20
2.3.3. Nombres comunes	25
2.3.4. Usos	26
2.4. La salinidad	26
2.4.1. Estimadores de la salinidad	28
2.4.2. Métodos de análisis de la salinidad	30
2.4.3. Efecto de las sales en las plantas	32
2.4.3.1. Tolerancia a sales de diversas especies	34
2.4.3.2. Límites críticos salinos para los cultivos	37
2.4.4. Efecto de diferentes sales	38
2.4.4.1. Peligro por sodicidad	38
2.4.4.2. Peligro por bicarbonatos	40
2.4.4.3. Peligro por cloruros	40
2.4.4.4. peligro por magnesio	40
2.4.5. Métodos de rehabilitación	41
III.- EXPERIMENTO 1. EFECTO DEL NaCl Y Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> SOBRE LA GERMINACION DE DOS ESPECIES DE <i>Leucaena</i> Y SOBRE EL CRECIMIENTO DE <i>Leucaena lanceolata</i>	43
3.1. Materiales y Métodos	43
3.1.1. Localización	43
3.1.2. Procedimiento y diseño experimental	43
3.1.3. Variables evaluadas	45
3.1.3.1. Biológicas	45
3.1.3.2. Contenido nutrimental	46
3.1.4. Análisis estadístico	47
3.2. Resultados	48
3.2.1. Etapa de germinación	48
3.2.2. Etapa de invernadero	55

3.3. Discusión	75
3.3.1. Etapa de germinación	75
3.3.2. Etapa de invernadero	75
3.4. Conclusiones	79
3.4.1. Etapa de germinación	79
3.4.2. Etapa de invernadero	79
IV.- EXPERIMENTO 2. EFECTO DE LA APLICACIÓN A SUELOS SALINOS DE $\text{CaSO}_4$ Y ESTIÉRCOL BOVINO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE <i>Leucaena lanceolata</i> Y <i>Leucaena leucocephala</i>	81
4.1. Materiales y Métodos	81
4.1.1. Localización	81
4.1.2. Suelo	81
4.1.3. Clima	82
4.1.4. Procedimiento y diseño experimental	82
4.1.5. Variables evaluadas	85
4.1.5.1. Comportamiento vegetal	85
4.1.5.2. Contenido nutrimental	86
4.1.5.3. Calidad del forraje	86
4.2. Resultados	88
4.3. Discusión	94
4.4. Conclusiones	97
V.- LITERATURA CITADA	98



## INDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
1	Categorías de inmigración (movilidad) de los elementos.	27
2	Condiciones de las plantas en función de la CE de la solución del suelo.	32
3	Composición de la solución nutritiva adicionada con cloruro o sulfato de sodio más yeso como mejorador (meq/l).	44
4	ANAVA y comparación de medias ajustadas de germinación de semillas con aplicación de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , más el mejorador de Ca.	48
5	ANAVA y comparación de medias ajustadas de germinación de semillas con aplicación de $\text{NaCl}$ , más el mejorador de Ca.	50
6	Germinación obtenida de las dos especies con la aplicación de dos fuentes de sal y el sulfato de calcio como mejorador.	51
7	Conductividad eléctrica medida en el sustrato suelo-agua (1:2) de las dos soluciones salinas aplicadas a plantas de guajillo en invernadero.	55
8	ANAVA y comparación de medias para alturas de plantas de guajillo con aplicación de $\text{NaCl}$ y el mejorador Ca.	56
9	ANAVA y comparación de medias para la variable altura de plantas de guajillo en invernadero tratadas con $\text{Na}_2\text{SO}_4$ y el mejorador Ca.	57
10	Comparación de medias para las variables proporción hoja:tallo, raíz:planta y peso seco de plantas de guajillo en invernadero con aplicación de $\text{NaCl}$ y el mejorador Ca.	59
11	Comparación de medias para las variables proporción hoja:tallo, raíz:planta y producción, peso seco de plantas de guajillo en invernadero con aplicación de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ y el mejorador Ca.	60
12	ANAVA y comparación de medias para el contenido de nitrógeno (%) en hojas, tallos y raíces de plantas de guajillo tratadas con soluciones salinas en invernadero.	61

- 13 **ANAVA y comparación de medias para el contenido de Na (%) en hojas, tallos y raíces de plantas de guajillo tratadas con soluciones salinas en invernadero.** 65
- 14 **ANAVA y comparación de medias para el contenido de P (%) en hojas, tallos y raíces de plantas de guajillo tratadas con soluciones salinas en invernadero.** 66
- 15 **ANAVA y comparación de medias para el contenido de potasio (%) en hojas, tallos y raíces de plantas de guajillo tratadas con soluciones salinas en invernadero.** 69
- 16 **pH, conductividad eléctrica y contenidos de K, Ca y Na de dos perfiles del suelo en Guadalupe Victoria, Nay. Mayo de 1997.** 82
- 17 **ANAVA y comparación de medias de las variables biológicas de los genotipos bajo los mejoradores del suelo.** 88
- 18 **ANAVA y comparación de medias del contenido nutrimental de dos leguminosas bajo cuatro tratamientos al suelo.** 90
- 19 **ANAVA y comparación de medias de la calidad del forraje para los dos genotipos con los tratamientos al suelo.** 92

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Distribución conocida de <i>Leucaena lanceolata</i> subsp. <i>lanceolata</i> y <i>L. l.</i> subsp. <i>sousae</i> .	18
2	Algunas características botánicas de la <i>Leucaena leucocephala</i> introducida en la zona costera de Nayarit.	21
3	Algunas características botánicas de la <i>Leucaena lanceolata</i> originaria de la costa del Pacífico de Nayarit.	22
4	Algunas características botánicas de la <i>Leucaena lanceolata</i> subsp. <i>sousae</i> .	24
5	Efecto de la interacción Na*Ca sobre la germinación de guajillo tratado con sulfato de sodio.	53
6	Efecto de la interacción Na*Ca sobre la germinación de guaje tratado con sulfato de sodio.	53
7	Efecto de la interacción Na*Ca sobre la germinación de guajillo tratado con cloruro de sodio.	54
8	Efecto de la interacción Na*Ca sobre la germinación de guaje tratado con cloruro de sodio.	54
9	Crecimiento de plantas de guajillo después de su tratamiento con dos fuentes de sal probadas en condiciones de invernadero.	58
10	Contenido de N en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.	63
11	Contenido de N en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.	63
12	Efecto del Ca sobre el contenido de N en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.	64
13	Efecto del Ca sobre el contenido de N en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.	64
14	Contenido de Na en diferentes tejidos de la planta de guajillo tratado con NaCl.	67

15	Contenido de Na en diferentes tejidos de la planta de guajillo tratado con sulfato de sodio.	67
16	Efecto del Ca sobre el contenido de Na en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.	68
17	Efecto del Ca sobre el contenido de sodio en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.	68
18	Contenido de P en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.	71
19	Contenido de P en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.	71
20	Efecto del Ca sobre el contenido de P en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.	72
21	Efecto del Ca sobre el contenido de P en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.	72
22	Contenido de K en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.	73
23	Contenido de K en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.	73
24	Efecto del Ca sobre el contenido de K en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.	74
25	Efecto del Ca sobre el contenido de K en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.	74
26	Distribución del diseño experimental y sus tratamientos.	84

## RESUMEN

En muchas regiones, por diversas causas, los suelos están teniendo problemas de salinización, lo que ha traído como consecuencia baja en la producción agropecuaria, por lo que para evaluar el efecto de la salinidad, con o sin mejoradores de suelos, sobre la germinación, producción de biomasa y calidad forrajera de *Leucaena lanceolata* (Guajillo) y *L. leucocephala* (Guaje) se realizaron varios trabajos de investigación en laboratorio, invernadero y campo. En la germinación, en un diseño completamente al azar con 12 tratamientos en un arreglo factorial  $3 \times 4$ , se evaluaron las dos especies con 3 niveles de soluciones salinas, 0, 25 y 100 mM de Na a partir de cloruros o sulfatos, combinadas con cuatro niveles de  $\text{CaSO}_4$ , 0, 1, 3, y 10 mM de Ca. La capacidad de germinación de ambas leguminosas se evaluó en cajas petri con las soluciones salinas, hasta los ocho días post-tratamiento. En invernadero se evaluó la producción de biomasa forrajera y contenido nutrimental de plantas de guajillo desarrolladas en bolsas de plástico, a las que se les aplicó como agua de riego las soluciones salinas, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial  $3 \times 4$ . En campo se evaluó en plantas de guaje y guajillo, el efecto de cuatro tratamientos que incluyeron yeso, estiércol bovino y la combinación de ambos, más un testigo, en un diseño completamente al azar. La germinación resultó superior en el guajillo que en el guaje (68% vs. 37%), existiendo un efecto más marcado en la reducción con la sal sulfato que con cloruro de sodio, aunque el mejorador sulfato de calcio al nivel de 10 mM fue capaz de contrarrestar el efecto nocivo de las sales. En invernadero, las plantas de guajillo se disminuyeron tanto en altura como en rendimiento por acción de las sales, siendo también mayor el efecto de los sulfatos. Otras variables evaluadas fueron proporción hoja: tallo, que se vio reducida con las dos sales en el nivel de 100 mM, aunque el nivel de 25 la favoreció y la proporción peso de raíz: peso de plantas se deprimió más con el sulfato que con cloruros, siendo mayor en un 30%. El contenido de nitrógeno como de sodio se incrementó proporcionalmente con el incremento de las sales, tanto en hojas como en raíz y

tallo, y nuevamente se detectó un efecto benéfico del mejorador de Ca. En el trabajo de campo, ambas leguminosas bajo salinidad se vieron más favorecidas con el tratamiento de yeso, pero no se presentó un efecto claro del estiércol ni de la combinación de ambos. El contenido químico de las plantas fue variable en los diferentes componentes, pero en general el N, P, K, Ca y Na se aumentaron, presentándose una disminución en las fracciones de la pared celular (FND y FAD). Es de notarse que el guajillo presentó un mayor contenido de N y P. Se concluye que ambas especies tienen capacidad de producción en suelos salinos, aunque se reduce a medida que se incrementa el contenido de sales, siendo más afectadas por sulfatos que por cloruro, además de que los mejoradores son una alternativa para contrarrestar el efecto nocivo de las sales y elevar la producción.

## SUMMARY

In many regions, for different reasons, soils have salinization problems, which have brought as consequence low agricultural production. Therefore, in order to evaluate the effect of salinity, with or without soil improvers, on germination, biomass production and forage quality of *Leucaena lanceolata* (Guajillo) and *L. leucocephala* (Guaje), several research works were made in laboratory, greenhouse and field. In germination stage, using a completely randomized design with 12 treatments and a factorial arrangement 3\*4, were used both species with three levels of saline solutions, 0, 25 and 100 mM of Na, with either chloride or sulphate, combined with four levels of CaSO<sub>4</sub> in 0, 1, 3 and 10 mM of Ca. Germination capacity of both legumes was evaluated in petri pots with the saline solutions, till eight days post – treatment. In greenhouse, evaluation was made of forage biomass production and nutrimental content of guajillo developed in plastic bags, to which saline solutions were applied as irrigation water, in a completely randomized design with a factorial arrangement 3\*4. In field, with guaje and guajillo plants, the effect of four treatments including gypsum, cow manure and combination of both, plus a control treatment, in a completely randomized design, was evaluated. Germination rates resulted superior in guajillo than in guaje (68% vs. 37%), having a more marked effect on reduction with sulphate salt than with chlorine, although calcium sulphate as improver at 10 mM was able to offset the noxious effect of salts. In greenhouse, guajillo plants diminished either in height and yield due to salt action, also being greater the sulphate effect. Other variables evaluated were leaves: stems ratio, which was reduced with both salts at the level of 100 mM, although the level of 25 mM increased it and the root weight: plant weight ratio was more depressed with sulphate than with chlorine, resulting the last one greater in 30%. Nitrogen and sodium content were increased proportionally with salt increasing, either in leaves as in root and stems, and a benefic effect of calcium improver was detected. In fieldwork, both legumes under salinity were increased more with the gypsum treatment, but no clear effect was present of

cattle manure neither combination of both sources. Chemical content of plants was variable in different components, but in general N, P, K, Ca and Na increased, and cell wall fractions (NDF and ADF) decreased. It is notorious that guajillo had a greater N and P content. It is concluded that both legume species have production capacity at saline soils, although it is reduced according with salt content increasing, and sulphate has a greater effect than chlorine, in addition, soil improvers are an alternative to offset the noxious effect of salts and increasing forage production.



## I. INTRODUCCIÓN

La región de México, el Caribe y hasta el norte de Argentina, se considera como centro de origen y diversificación de leguminosas tropicales con potencial forrajero (Menéndez y Castellón, 1996). El empleo de leguminosas en los sistemas de producción animal, traería al área tropical y subtropical un viraje hacia la capacidad productiva, ya que los potenciales pudieran sobrepasar un 30% de los límites actuales de producción animal (Jordán, 1992). Este incremento algunos autores lo explican por el efecto positivo sobre el estado nutricional de los animales que consumen proteínas de baja degradabilidad en el rumen (Preston, 1995), por aumentar el valor alimenticio de los alimentos consumidos (Milera, 1992), y en especial por mejorar la utilización de la energía metabolizable (Rubio, 1992 y 1993).

México tiene una superficie de trópico seco de 240,399 km<sup>2</sup>, equivalente a un 12% del territorio Nacional (Murillo, 1998), lo cual constituye la cuarta región del país por extensión, después de la árida, semiárida y la tropical húmeda, con un rico potencial forrajeo (Carrizales, 1996). En el trópico la producción de forraje es de carácter estacional dependiendo fundamentalmente de la disponibilidad de humedad y de las variaciones climáticas y edafológicas, que provocan cambios en la adaptación, potencial productivo y persistencia de las especies forrajeras (González, *et al.*, 1996).

En Nayarit la actividad pecuaria es de gran importancia. Un análisis somero acerca del comportamiento productivo de los bovinos indica un deficiente proceso reproductivo, debido fundamentalmente a estados de subnutrición y problemas sanitarios en general (Rubio y Castrillo, 1995). Existen 680,000 cabezas de ganado bovino, con una producción para el mercado que oscila entre 60,000 y 80,000 becerros anuales, lo que indica una tasa de extracción entre el 8 y el 12%.

Estos animales se exportan para terminarse de engordar en otros estados del norte de México y el sur de los Estados Unidos, con una edad media de 22 meses y 180 kg de peso (Luna y Arce, 1992).

Nayarit presenta diferentes climas de tipo tropical seco, con condiciones de sequía bien definidas, y un extraordinario potencial de uso de leguminosas para la alimentación animal. Dentro de esta familia se destaca el grupo del género *Leucaena* de la variedad peruana, cubana y común, además, 7 variedades gigantes peruanas como K29, K63 y K500 que fueron las mejores con rendimientos hasta de 15 ton. de forraje seco al año, que equivalen a 4.5 ton. de proteína bruta, también se presenta la *Leucaena lanceolata* y otras leguminosas herbáceas (Sánchez, 1992). En estas áreas, la ganadería es una de las actividades económicas más importantes, donde tradicionalmente la alimentación de animales incluye una amplia diversidad de especies forrajeras de corto desarrollo, debido probablemente al efecto nocivo de las sales, a la sequía, o al efecto combinado de ambas. Las leguminosas presentan un alto contenido de proteína, en muchas de ellas hasta de 34%; por sus características de solubilidad, degradabilidad y digestibilidad, cuando son bien manejadas, las hace atractivas como fuentes de alimentos complementarios en áreas tropicales (Palma, 1993; Galina, 1995). Cáceres (1996), trabajando con árboles y arbustos tropicales del género *Aralia* ofrecidos a voluntad a ovinos alojados en jaulas, encontró un valor de 25 % en proteína bruta, digestibilidad del 65 al 70%, y un consumo *ad libitum* de 76 y 69 g/kg de P.<sup>0.75</sup>

En trabajos realizados sobre salinidad bajo condiciones de invernadero (Islas *et al.*, 1997), se ha encontrado que la *Leucaena* soporta concentraciones de NaCl de hasta 300 mM, aplicadas directamente en el suelo, aunque su capacidad de producción fue aceptable únicamente con 200 mM.

En el trópico salino de Nayarit, las actividades agropecuarias y la construcción de granjas camaroneras han conducido a la salinización de los suelos y a la

destrucción de comunidades vegetales, perdiéndose parte de la biodiversidad, por lo que se han efectuado estudios para evaluar las posibilidades futuras de uso y explotación de esos recursos (Becerra, 1999). De hecho, al disminuir las selvas naturales se crea una necesidad urgente de recoger germoplasma e información acerca de las plantas locales.

El uso de especies de leguminosas es una buena opción para la ganadería mejorando la calidad de ésta y logrando mayores rendimientos en la producción pecuaria. Las ventajas que ofrecen las leguminosas son muy variadas, desde ser fuente directa en la alimentación del hombre, hasta contribuir indirectamente con otros beneficios como: mejoramiento del suelo, producción de néctar y polen para la apicultura, maderables, medicinales y también como fuente rica en proteínas para rumiantes y monogástricos (Brewbaker, 1976; Pérez-Guerrero, 1979; Jordán, 1992; Román y Palma, 1996). Las leguminosas tropicales son capaces de manifestar un alto potencial de fijación simbiótica de N, alcanzando niveles del orden de 400/600 kg /ha por año (Tang, 1996).

Según Brewbaker (1986) existen 200 especies de árboles de leguminosas que pueden ser usados como forraje, dentro de los cuales se encuentra el guaje o *Leucaena leucocephala*, planta que además de proporcionar forraje de excelente calidad, tiene múltiples usos como: el control de la erosión y mejoramiento de suelos al proporcionar a éstos más de 550 kg de N/ha/año, además del reciclado de P, Ca y materia orgánica; como árbol de sombra en plantaciones y como cercos vivos. Una de las características que presenta esta especie en su sistema radical profundo, con una buena producción de forraje fresco en la época seca, mientras que otros forrajes como las gramíneas, se encuentran lignificados (Brewbaker, 1976; Oka, 1989 y Pérez-Guerrero, 1979).

Para efectos del presente trabajo se puede considerar que el comportamiento productivo de la ganadería bovina Nayarita en condiciones del trópico seco salino podrá mejorarse si se llena el déficit alimenticio, de preferencia con alimentos de

elevada calidad respecto a los pastos nativos. En virtud de los beneficios que aporta el género *Leucaena*, se diseñó esta investigación para conocer el efecto de las sales de sodio sobre el establecimiento y producción de bancos de proteína de *Leucaena lanceolata* y *L. leucocephala*, por lo que se plantearon las siguientes:

### 1.1. Hipótesis

- ❖ 1.- Las fuentes y los niveles de salinidad propuestos afectarán la germinación del guaje y guajillo, así como el desarrollo del guajillo durante las primeras etapas de crecimiento en invernadero.
- ❖ 2.- La producción de biomasa forrajera del guaje y del guajillo, cultivado en el campo en suelos salinos, así como el contenido en algunos nutrimentos minerales serán afectados por la aplicación al suelo de  $\text{CaSO}_4$  y estiércol bovino.

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. General

Evaluar el comportamiento agronómico y calidad forrajera de las leguminosas *Leucaena lanceolata* y *L. leucocephala* (guajillo y guaje) bajo un gradiente de salinidad en condiciones de invernadero y campo, empleando  $\text{CaSO}_4$  y estiércol bovino como amortiguadores de los efectos tóxicos de la salinidad.

#### 1.2.2. Específicos

- 1.- Evaluar los efectos del  $\text{NaCl}$  y del  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sobre la germinación de las dos especies de *Leucaenas* (guajillo y guaje) y sobre el desarrollo agronómico del guajillo en condiciones de invernadero.

- 2.- Evaluar la producción de biomasa forrajera y su contenido en algunos nutrimentos minerales de las dos especies de *Leucaenas*, bajo condiciones de campo, con aplicaciones de  $\text{CaSO}_4$  y estiércol bovino para atenuar los efectos tóxicos de la salinidad.

### 1.3. Justificación

En la época actual, el consumo de alimentos es cada día mayor a consecuencia del incremento de la población, lo que hace necesario buscar alternativas para incrementar la producción de alimentos utilizando recursos naturales no empleados tradicionalmente por el hombre (Preston, 1995), por lo que el uso de las especies forrajeras nativas es una buena opción para proveer de forraje a la ganadería, especialmente en épocas críticas de producción.

En la mayoría de los países en desarrollo el uso de alimentos concentrados comerciales para la complementación de los animales, es una práctica no rentable. Por esta razón el uso de leguminosas arbóreas con potencial de producción de biomasa y buen valor nutritivo representa una alternativa práctica y económica para incrementar la productividad en las regiones tropicales (Clavero, *et al.*, 1996; Cáceres, *et al.*, 1996).

Las especies del género *Leucaena* son árboles o arbustos de la familia de las leguminosas que presentan grandes perspectivas de producción forrajera en áreas tropicales y subtropicales del mundo. Son plantas adecuadas para ramoneo de sus hojas, tallos tiernos, vainas y semillas. Durante la época seca constituyen una de las fuentes de proteína más importante para el ganado; sin embargo cuando su consumo es exclusivo, se pueden manifestar efectos tóxicos en los animales, como caída de pelo, falta de coordinación en sus movimientos y problemas de reproducción (Sánchez, 1992; Peralta, 1980).

Con la adición de materia orgánica al suelo se mejora la estructura, aporta nutrientes y conservan más agua al incrementar la infiltración, (Altieri 1983); para la recuperación de suelos afectados por sales es necesario sobre todo que éstos presenten una estructura que permita el lavado de las sales tóxicas, y disminuir el pH, (Becerra, 1993). Como cultivo de cobertura Guevara y Herrera (1995), reportaron que las leguminosas también aportan cantidades considerables de materia orgánica y que éstas controlan plantas arvenses. El guaje y guajillo (*Leucaena leucocephala* y *Leucaena lanceolata*) son arbustivas de crecimiento similar, y se ha observado que son ampliamente consumidas por los animales, lo cual puede constituir una solución en la alimentación de los rumiantes en el trópico seco (Hernández y Simón, 1993) y a la vez en el seco salino.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Las leguminosas

Muchas leguminosas se han utilizado por el hombre desde la antigüedad hasta nuestros días, ya sea en forma directa, o bien en forma indirecta, aprovechando los múltiples usos que de ellas se obtienen. Chongo y Galindo (1995) señalaron que una de las características principales de las leguminosas es su elevado contenido de proteína, además de la presencia de carbohidratos, fibra, minerales (calcio, fósforo, hierro, potasio, etc.) y su riqueza en vitaminas (complejo B, retinol), como también la presencia de compuestos lipídicos. Estas plantas tienen amplia versatilidad y son excelentes como fuente de energía y proteínas para ruminantes en pastoreo; se distinguen por su simbiosis con *Rhizobium* y con otros microorganismos intercambiantes de nitrógeno y su aporte al sistema (Febles *et al*, 1996; Mendoza, 1996; Brewbaker, 1976).

Sin embargo, existen limitantes para su explotación entre las que se encuentran factores ecológicos (clima, temperatura, precipitación pluvial, etc.), su lento establecimiento en algunas de las especies y los factores antinutricionales o metabolitos tóxicos que limitan en muchos casos su utilización (Simón, 1996; Palma, 1993; Minson, 1991; Skerman, 1977 y Román, 1997).

Las leguminosas tropicales son un componente importante en la dieta del animal en pastoreo, debido a su alto contenido de proteínas, minerales y mayor digestibilidad que las gramíneas, sin embargo contienen elementos antinutricionales que limitan su consumo cuando son ofrecidos tiernos como único alimento o en un alto porcentaje de la dieta, por lo cual, su empleo se condiciona a utilizarse en praderas asociadas a gramíneas, o bien utilizarse como bancos de proteína (Becerra, 1986).

### 2.1.1. Leguminosas arbóreas de uso forrajero

En la mayoría de los países subdesarrollados, el empleo de concentrados aumenta los costos de producción; el uso de árboles y arbustos leguminosos como fuente de forraje, constituye una alternativa viable en los sistemas de producción (Clavero, 1996; Becerra, 1999).

Algunas de las más importantes especies arbustivas que contribuyen al incremento de la producción, en sistemas de doble propósito, en sitios tropicales con sequía prolongada, bajo condiciones de pastoreo, corte y/o acarreo, son: *Glicíndia sepium*, *Erythrina* spp., *Leucaena leucocephala* y recientemente *Cratylia argentea* (Argel, 1996).

En Venezuela se realizan diversos tipos de trabajos sobre las leguminosas como suplemento alimenticio en la producción animal, sobresaliendo las especies de *Leucaena leucocephala* y *Glicíndia sepium*. Escobar (1996) y Clavero *et al.* (1996) utilizaron la *Glicíndia sepium* como suplemento en vacas lecheras. Palma *et al.* (1995a), en México, señalaron que el efecto de altura y fecha de poda es importante en la producción de biomasa de la *Glicíndia sepium*, para tener forraje en la época de escasez. Por otra parte Chen *et al.* (1992) mencionaron la importancia de algunas especies forrajeras como *Glicíndia*, *Flemingia*, *Tephrosia* y *Albizia*, las cuales son usadas en Malasia y Nueva Guinea, como sombra en plantaciones de cacao.

En Cuba, trabajos de Rujiz *et al.* (1994); Jordán *et al.* (1989) y Castillo *et al.* (1993), demostraron las ventajas de la *Leucaena leucocephala* al ser utilizada en bancos de proteína con ganado productor de leche en ese país, Toral y Hernández (1996) señalaron que la inclusión de árboles y arbustos en la ganadería tropical incrementó la producción de leche y carne en forma acelerada y además garantizó la conservación de los recursos y el ambiente.



Otras especies utilizadas como fuente de forraje son: tepame (*Acacia pennatula*), huizache (*Acacia farnesiana*), vara dulce (*Eysenhardtia polistachya*) y guamúchil (*Pithecellobium dulce*), de las cuales el ganado consume las vainas y hojas, principalmente en la época de seca, en el mezquite (*Prosopis juliflora*), los frutos tiernos constituyen un excelente forraje, otra especie importante es la parota (*Enterolobium cyclocarpum*), cuyas semillas contienen aproximadamente 36% de proteína y en muchos lugares se emplean como complemento alimenticio en dietas para animales (Niembro, 1986). Por otro lado, Benavides (1994) señaló que los trabajos realizados con *Erythrina* permitieron desarrollar opciones de alimentación con rumiantes menores.

## 2.1.2. Utilización de leguminosas por rumiantes y monogástricos

### 2.1.2.1. Alimentación de rumiantes

Se puede afirmar que después de las gramíneas, las leguminosas aportan forraje tanto para el ganado doméstico como para la fauna silvestre. Rodríguez *et al.* (1994) utilizaron forraje de *Glicíndia sepium* y *Erythrina poeppigiana*, suplementada con fruto de plátano (*Musa sp.*) para la producción de leche de cabras, observando que la mayor producción de leche se obtuvo con *Erythrina* (1.26 litros) contra (1.10 litros) con *Glicíndia*. Vargas *et al.* (1994) señalaron que la utilización de poró (*Erythrina poeppigiana*) como suplemento a toretes en pastoreo tuvo un efecto significativo sobre su crecimiento y que el uso de una fuente energética suplementaria lo incrementa aún más. Vargas y Elvira (1994), en un ensayo de composición química de leguminosas, *Leucaena leucocephala* y *Glicíndia sepium*, y de otra especie de la familia esterculiacea (*Guazuma ulmifolia*), observaron que en las dos primeras hubo un alto grado de aceptación para vacas en producción además de constituir excelentes fuentes de forraje y proteína.

El pastoreo intensivo tecnificado es considerado como una de las alternativas con mayor potencial para mejorar el uso de los recursos forrajeros, este sistema de pastoreo está definido como el uso de una alta densidad de animales en áreas relativamente pequeñas, con periodos de ocupación cortos y tiempos adecuados de recuperación entre un pastoreo y otro. Ya que con este sistema de manejo favorece el reciclaje de nutrientes, como el de materia orgánica, al manejar altas densidades de ganado en áreas relativamente pequeñas (Avendaño, 1996; 1997)

La cantidad de alimento que ingiere un animal en pastoreo depende de la disponibilidad del forraje apropiado para el consumo, la composición físico-química del forraje y los requerimientos de nutrientes del animal, para posteriormente determinar la energía y proteína necesaria de acuerdo al propósito económico productivo del hato. Para ello es necesario determinar el consumo aparente en las distintas fases de producción (Galina y Palma, 1992; Aranda y Osorio, 1996)

El consumo de pasto por el animal es afectado por la digestibilidad, por características no nutricionales del forraje, por la masa de forraje presente, la densidad de las hojas y la relación hoja/tallo son de gran importancia en el consumo de forrajes tropicales (Hodgson, 1982).

La *Leucaena leucocephala* es una de las especies más utilizadas como fuente de proteína, principalmente en rumiantes, en casi la mayor parte de países tropicales y subtropicales. Kibria *et al.* (1994) señalan que el consumo de esta planta por cabras dio un mayor incremento de peso que cuando se consumieron hojas de otros árboles como *Erythrina variegata*, *Shorea robusta*, *Delonix regia*, *Artocarpus heterophyllus*, *Manguifera indica* y *Psidium guajava*. Quirk *et al.* (1990) mostraron que en un área de *Heteropogon contortus* en donde se había sembrado *Leucaena leucocephala* siete años antes, en hileras de tres metros con 0, 25 ó 100% del área; la ganancia de peso fue respectivamente de 90, 127 y 205 kg/torete en cada una de las áreas sembradas. Tomkins *et al.* (1991) dicen que las hojas secas de *L. leucocephala* ofrecidas a venados y borregos a un 30% de la dieta con base de

pangola (*Digitaria decumbens*), el consumo de la gramínea decreció en un 8% y sin embargo se incrementó la digestibilidad de la materia orgánica en ambas especies. Ghosh *et al.* (1990) señalan que las semillas de *Leucaena* son una fuente rica en proteína, energía y minerales, las cuales pueden ser usadas en concentrados para alimentar cabras. También Zarragoitia *et al.* (1992) utilizaron *Leucaena* y un concentrado de saccharina en la alimentación de toretes que pastoreaban *Cynodon dactylon* donde las dietas fueron: Bermuda más *Leucaena* sin concentrado y Bermuda más *Leucaena* con concentrado de saccharina, señalando que no hubo diferencias significativas en las ganancias de peso al utilizar la saccharina como suplemento.

#### 2.1.2.2. Alimentación en monogástricos

Limcangco-López (1989) señala que la *Leucaena* y Cassava *Manihot esculenta* son utilizadas como alimento en monogástricos (porcinos y aves) sin embargo, su empleo se limita a pequeñas cantidades en la alimentación. También Fraga *et al.* (1992) indicaron que una dieta basándose en maíz y soya adicionada con hojas secas al sol de *Leucaena* mejoró la ganancia de peso en pollos. D'Mello y Acamovic (1989) indicaron las ventajas favorables de utilizar *Leucaena* en la alimentación de aves por su valor nutritivo y su alto contenido de carotenos utilizados en la pigmentación de la yema de huevos y carne de aves, sin embargo señalaron también el inconveniente por compuestos tóxicos, como la mimosina y taninos. Además de su importancia como fuente de alimento, la *Leucaena leucocephala* es un árbol de multipropósitos, con otros usos importantes como: control de erosión, fertilizante orgánico, uso forestal y principalmente como bancos de proteína para rumiantes en los sistemas de producción de carne y leche (Brewbaker, 1996., Ruiz, 1996., Pérez-Guerrero, 1979 y Jordán *et al.*, 1995).

## 2.2. Sistema silvopastoril

La inclusión de árboles y arbustos son una alternativa para incrementar la producción de leche y carne en forma acelerada y sostenible, además garantizan la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente. Los árboles han sido objeto de numerosos estudios en los programas de investigación, sobre praderas tropicales, lo cual esta avalado por su alto valor proteico y la posibilidad de fijar el nitrógeno atmosférico, así como por su utilización como fuente de sombra y alimentos para los animales. La implantación de sistemas silvopastoriles implica la selección de especies ecológicas y económicas apropiadas para los fines que se persiguen (Toral y Hernández, 1996).

Sin duda alguna la mejor forma de aprovechar los recursos naturales de manera racional, con un equilibrio entre los factores biofísicos, ambientales y socioculturales, lo representan los sistemas agroforestales, mencionados como la combinación infinita en tiempo y espacio de especies de árboles con cultivos y animales o ambos (Budowski, 1977). Además, el uso de la tierra en forma integral, representa un planteamiento que actualmente ha logrado bastante importancia, en donde las prácticas de monocultivos se sustituyen por policultivos, bien sean en asociación, intercalados, u otras formas, para obtener un mayor beneficio por unidad de área (Manidool, 1984; Benavides, 1994).

Somarriba (1990) señala que la agroforestería es una forma de cultivo múltiple, que cumple con tres condiciones: a) Existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente, b) Al menos uno de los componentes es una leñosa perenne, c) Al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas (incluyendo pastos). Bustamante y Romero (1991) señalaron que los sistemas silvopastoriles (SSP) son una modalidad de los sistemas agroforestales (SAF), como una manera de cultivo múltiple.

Manidool (1984) menciona que el término de SSP considera un grupo de técnicas que abarcan ganadería, pastos y árboles, buscando un alto beneficio por unidad de área. Las diferentes combinaciones de los SSP fueron mencionadas por Combe y Budowski (1979), quienes definen que un sistema agrosilvícola es aquel en el cual prepondera la agricultura, combinándose por lo tanto árboles y cultivos agrícolas; al referirse a un sistema agro-silvopastoril, los componentes serían árboles, cultivos y ganadería; y después los sistemas silvopastoriles, solamente lo componen árboles y ganado.

Los sistemas silvopastoriles y su sostenibilidad se fundamenta en la capacidad de los árboles para producir biomasa con altos niveles de proteína, su posibilidad de aprovechar la energía solar y los recursos agua, aire y suelo (Simón, 1996). A la vez, Crespo *et al.* (1995) señalan que los árboles dentro del pastizal desempeñan un papel importante en el proceso de reciclado, ya que éstos crean condiciones propicias para mantener la humedad, y junto con la acumulación de hojarasca, favorecen y estimulan la actividad de la biota del suelo, existiendo una relación directa entre la cantidad y la calidad de la biomasa vegetal que se ofrece al ganado, con la cantidad y velocidad del reciclado de los nutrientes en los ecosistemas de producción (excreta animal, hojarasca, raíces, fauna del suelo, lluvia, entre otros). Pezo e Ibrahim (1996) señalaron una interacción indirecta entre las especies arbóreas con las herbáceas o pastos, en vista de que los árboles llegan a substratos más profundos del suelo y bombean nutrientes, que están más disponibles para los pastos, con la mineralización de hojas, ramas y raíces.

Escobar (1996) mencionó que el follaje de árboles y arbustos, además de proporcionar altas concentraciones de proteínas (14-30%) también proveen vitaminas, carotenos, minerales y fibra. También indicó que la degradabilidad ruminal de la proteína de los follajes es alta (65-80%), a excepción de plantas que tengan un porcentaje mayor de 4% de taninos, los cuales impiden la degradación de la proteína alimenticia en el rumen.

### 2.2.1. Características de los árboles multipropósito

Las características de un árbol multipropósito son: adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas, perennes, y que muchas de estas especies fijen nitrógeno atmosférico, lo que permite que sean restauradoras de la fertilidad del suelo, sumideros de bióxido de carbono, fuente de energía renovable, que promuevan y mantengan la biodiversidad, ayuden al control de la erosión del suelo, útiles como cercos vivos, que presenten una gran diversidad bioquímica, que proporcionen alimento al ganado y fauna silvestre, además de ser fuente rica de néctar y polen para la industria apícola (Brewaker, 1976; Oka, 1989; Escobar, 1996; Febles *et al.*, 1996; Pezo e Ibrahim, 1996; Clavero, 1996; Román y Palma, 1996).

### 2.2.2. Clasificación de sistemas silvopastoriles

En los sistemas silvopastoriles se pueden hacer algunas clasificaciones como: el pastoreo en plantaciones forestales, la asociación de árboles en potreros, el uso de cercas vivas y los bancos de proteína según lo especifican varios autores (Pezo e Ibrahim, 1996; Bustamante y Romero, 1991; Preston, 1996; Clavero, 1996; Simón, 1996; Ojeda, 1996; Baumer, 1992; Kass *et al.*, 1992).

### 2.2.3. Banco de proteína

Milera *et al.* (1992) definieron a un banco de proteína como la utilización de un 20 a 30% del área total disponible ocupada por leguminosas puras o asociadas con gramíneas, donde las leguminosas constituyen la principal fuente de proteína en la explotación ganadera y el ganado tiene acceso libre o controlado al banco; en el primer caso no existe línea divisoria entre la gramínea y leguminosa, mientras que en el segundo caso el pastoreo de la leguminosa se reduce a algunas horas al día.

Jordán (1992) señaló que los bancos de proteína permiten un manejo diferenciado para las leguminosas, asegurando su persistencia junto con la gramínea. Al respecto Corbea (1994) señaló que la vía más eficaz para mantener la estabilidad en una asociación, es el empleo de leguminosas arbóreas o arbustivas solas o combinadas con leguminosas herbáceas, las cuales mostraron resultados satisfactorios, al aumentar la producción de leche y carne. Ojeda (1996) mencionó que la producción de leche, el forraje de árboles constituye sólo una parte de la dieta volumétrica de las vacas lecheras, por lo que siempre existe otro alimento base que garantiza el nivel nutritivo de ingestión de materia seca. Dentro de los sistemas de bancos de proteína, la especie más utilizada es el guaje (*Leucaena leucocephala*), tanto para ganado productor de leche como de carne.

#### **2.2.4. Interacciones en los sistemas silvopastoriles**

Los árboles han sido usados por la humanidad durante muchos años para diversos fines; Clavero (1996) indica que el uso de pastoreo de leguminosas presenta como principal ventaja su alto contenido de proteína en follaje y en fruto. La interacción entre los componentes suelo, animal y especies leñosas puede ser benéficas y la magnitud de estas interacciones dependerá, principalmente, de las especies seleccionadas, de la densidad de plantación, de la distribución del espacio y del manejo llevado a cabo (Bustamante y Romero, 1991; Febles *et al.*, 1996; Simón, 1996; Pezo e Ibrahim, 1996).

#### **2.3. El género *Leucaena***

El género *Leucaena*, de la familia Leguminosae y subfamilia Mimosoidea es originario de México y Centro América. Aún cuando se mencionan 51 especies, los estudios de herbario y de campo sugirieron que este número se puede agrupar en 10 especies, nueve de las cuales son nativas de México; *Leucaena leucocephala*,

*L. diversifolia*, *L. macrophylla*, *L. esculenta*, *L. pulverulenta*, *L. lanceolata*, *L. retusa*, *L. shannoni* y *L. collisi* y una originaria de Centro y Sudamérica *L. trichodes* (Pérez-Guerrero, 1979).

### 2.3.1. Distribución

La *Leucaena* se encuentra ampliamente distribuida en México, desde Jalisco hasta Chiapas, en otros estados del centro del país y en la península de Yucatán. En el estado de Colima son nativas las especies de *Leucaena leucocephala*, *L. esculenta*, *L. macrophylla* y *L. lanceolata*; de estas regiones mexicanas, el género se ha extendido y naturalizado alrededor del Golfo de México y de las Islas del Caribe como una leguminosa para ramoneo (Pérez-Guerrero, 1992). Después de la conquista de México se localizó en Filipinas, debido a la ruta marítima que se estableció a partir de 1565 entre Acapulco y Filipinas (Oakes, 1968). Posteriormente se distribuyó en Malasia, Indonesia, Papua, Nueva Guinea y otras regiones. Durante el siglo XIX se diseminó por el norte de Australia, Hawaii, India, Fiji y Africa (Ruiz y Febles, 1987).

#### 2.3.1.1. *Leucaena lanceolata* S. Watson subsp. *lanceolata*.

Crece a lo largo de la costa del Pacífico, desde Sonora hasta Chiapas aunque también en Veracruz (figura 1). Habita en vegetación de selva baja caducifolia, bosque espinoso, bosque tropical sonorense, encinar, orilla de manglar y en bosque secundario de *Brosimum* sp., en altitudes de 0 a 750 msnm, presentándose en diferentes tipos de suelo, con floración y fructificación de septiembre a junio y de junio a diciembre (UNAM, 1994).



### 2.3.1.2. *Leucaena lanceolata* S. Watson subsp. *sousae*.

Conocida sólo en zonas cercanas a la costa del Pacífico, desde Michoacán hasta Chiapas (figura 1), en vegetación de selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia con cactáceas columnares, selva baja caducifolia espinosa, vegetación riparia en arroyos de temporal y en vegetación secundaria; a veces, se le encuentra en riscos o en sitios con pendiente pronunciada. Prefiere altitudes de 0 a 950 msnm y suelos derivados de granito. Su floración y fructificación en Oaxaca es más tardía que la de *L. l. lanceolata*. Sus nombres y usos son poco conocidos, excepto lo mencionado para ambas subespecies en la región de Pochutla, Oaxaca, (UNAM, 1994). En la figura 1 se observa la distribución conocida de *Leucaena lanceolata* S. Watson subsp. *lanceolata* y *L. l.* subespecie *sousae* (UNAM, 1994).

### 2.3.2. Clasificación y descripción Botánica

Las *leucaenas* son plantas forrajeras y arbustivas que pertenecen a la familia *Leguminosae*. *Phyllum* de los rosaies, que incluye las familias *Crassuláceas*, *Rosáceas* y numerosas familias secundarias. Frecuentemente se dividen en tres subfamilias: *Mimosáceas*, *Cesalpináceas* y *Papilionáceas*. Presenta hojas pinnadas, alternas estipuladas; flores (generalmente hermafroditas) en racimos o solitarias, corolas y cáliz de cinco partes; gineceo compuesto de un carpelo simple, óvulo de placentación sutural y estilo terminal; el fruto es una vaina (o legumbre), y la semilla no tiene albúmina; manifiestan presencia de nódulos radicales. Esta es una familia extremadamente diversificada que ha existido desde el periodo Cretácico en regiones cálidas y templadas del mundo. Hay cerca de 750 géneros y 20,000 especies incluyendo numerosas plantas cultivadas que suministran parte de la dieta humana, así como numerosos arbustos y plantas herbáceas que juegan un papel importante en los ecosistemas (FAO, 1991; Gutteridge y Shelton, 1994).



Fig. 1. Distribución conocida de *Leucaena lanceolata* subsp. *lanceolata* y *L. l.* subsp. *soursae*. (Tomado de los Anales del Instituto de Botánica, UNAM 1994)

Las plantas de *Leucaena* se caracterizan por ser arbóreas y arbustivas sin espinas, de fácil crecimiento, miden hasta 18 metros de altura, presentando tallos y ramas de corteza lisa o ligeramente fisurada, su sabor es amargo y su olor es similar al ajo. Las ramas tienen abundantes lenticelas morenas suberificadas. Las hojas son compuestas y bipinnadas con folíolos cuyo tamaño varía de 2 a 50 mm; a la mitad del peciolo o entre el primer par de folíolos se encuentra una glándula cóncava. Las flores son blancas, rojizas o amarillas y están colocadas en cabezuelas solitarias o en pares, formando algunas veces inflorescencias terminales ramificadas. Los frutos son vainas aplanadas, dehiscentes de semillas de gran viabilidad que cuando maduran son de color café oscuro, todas las especies presentan niveles variantes de mimosina, desde moderados hasta elevados (Skerman, 1977; NAS, 1977; Brewbaker, 1976; Oakes, 1968).

### 2.3.2.1. *Leucaena leucocephala*

A la *Leucaena leucocephala* se le conoce como kao haile (Hawái); *Leucaena* (Australia); ipil-ipil (Filipinas); leatree (Caribe); tan-tan (Islas Vírgenes); jumbie beam (Bahamas); acacia bellarosa (Colombia); aroma blanca (Cuba); hediondilla (Puerto Rico); wild tamarind (Antillas Británicas) y guaje, huaje, huaxin, guaxi, hoaxin, huassi, oaxin, guacis, uaxi, hoatzin (México). La *Leucaena leucocephala* es una especie importante y la que más estudios tiene, debido a su amplia distribución en los trópicos y fácil propagación. Su crecimiento está influenciado por la temperatura, textura y pH del suelo. Se desarrolla en áreas con altitudes que varían desde el nivel del mar hasta 1500 m (Eguiarte *et al.*, 1986; Sánchez, 1992). En el estado de Colima se ha establecido bancos de proteínas en diferentes altitudes y se ha observado que por arriba de 1200 msnm la *Leucaena* tuvo un crecimiento más lento (Ruiz *et al.*, 1995). Por consiguiente, se recomienda su establecimiento en regiones con precipitaciones de 400 a 1500 mm anuales y se adapta a suelos arenosos, arcillosos y pedregosos de diferentes topografías; no prospera bien en suelos inundables pero se puede establecer en condiciones de

temporal o riego (Sánchez, 1992). En la figura 2 se presenta algunas características botánicas de la *Leucaena leucocephala* introducida en la costa del Pacífico en Nayarit.

### 2.3.2.2. *Leucaena lanceolata*

Según revisión de los anales del Instituto de Botánica de la UNAM (1994), la especie *L. lanceolata* cuenta con dos subespecies que son: *lanceolata* y *sousae*. La *Leucaena lanceolata* S. Watson subsp. *lanceolata* son árboles o arbustos de dos a seis metro de alto; ramas flexuosas, de glabras a densamente pelosas; con peciolo de 1.2 a 4 cm asurcado o liso; con glándula una entre el primer par de pinnas o un poco debajo de éste, de 2 a 4 mm de largo, elíptica a ovoide, hemiovoide o aplanada, con o sin un pequeño foramen, ausente o no entre el ultimo par de pinnas; raquis (3.8-) 5-8 (-12) cm de largo, asurcado o liso; pinnas (2-) 3-5 (-6) pares, de 3.5-10.8 cm de largo, con glandulitas en la raquilla entre el o los últimos pares de folíolos; folíolos (2-) 4-6 (-7) pares, (1-) 2.2-4 (-5) cm de largo y 0.5 a 2.1 cm de ancho, lanceolados y ovado lanceolados a obovados, la base cuneada a redondeada, el ápice agudo a veces con mucrón, ciliados, vellosos a lanosos en el envés sobre todo en el pulvinulo, a veces en el haz o glabros. Pedúnculo de la inflorescencia de 1.3 a 4 cm de largo; capítulos en antésis 1.5-2.5 cm de diámetro en botón de máximo tamaño 4-12 mm; flósculos de 4-5 mm de largo, subsésiles, la corola 1/4 más larga que el cáliz, estambres más largos que el estilo. Pedúnculo de la infrutescencia de 1.5-4.2 cm de largo; fruto (7.5-) 12-20 cm de largo, (1.0-) 1.5-1.8 (-2) cm de ancho, linear oblongo, el estípite alrededor de 2 cm. Semillas de (5.2) 6-8 (-8.7) mm de largo y de (2.7-) 3.2-5.0 (-5.7) mm de ancho, obovadas oblongo a elípticas, castaño rojizas, con apícula prominente de casi 2 mm. Plántulas de filotaxia dística. Diploides. En la figura 3 se presentan algunas características botánicas de la *Leucaena lanceolata* subsp. *lanceolata* originaria de la costa del Pacífico de Nayarit.

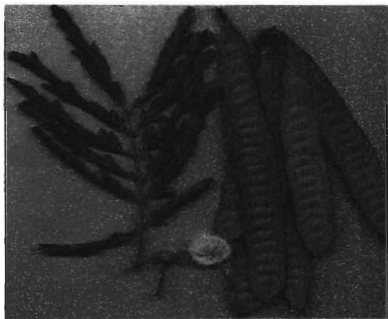


Figura 2. Algunas características botánicas de la *Leucaena leucocephala* introducida en la zona costera de Nayarit. Fotografía (Becerra y Ponce 1999).

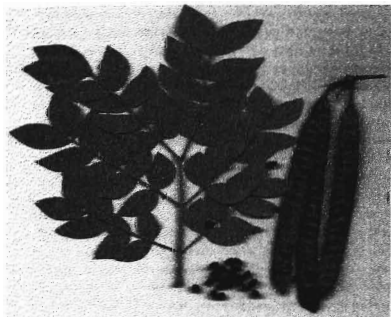


Figura 3. Algunas características botánicas de la *Leucaena lanceolata* originaria de la costa del Pacífico de Nayarit. Fotografía (Becerra y Ponce 1999).

La *Leucaena lanceolata* S. Watson subsp. *sousae* son árboles o arbustos de 3-6 (-12) m de altura; ramas flexuosas, glabras a densamente pelosas. Pecíolo (0.5-) 0.9-3.9 cm de largo; glándula ausente entre el último par de pinnas; raquis (2.3-) 3-7.7 (-9.2) cm de largo, asurcado o liso, pubérulo o glabro; pinnas (1-) 2-3 (-4) pares, de 3.5-10.8 cm de largo, con glandulitas en la raquilla entre el o los últimos pares de folíolos; folíolos de 2 a 6 pares, de 2.3 a 8 cm de largo y de 1.1 a 3.8 cm de ancho, lanceolados y ovado lanceolados a obovados, la base cuneada a redondeada, el ápice agudo a veces mucronado, ciliados, vellosos a lanosos en el envés, sobre todo en el puvinulo, a veces en el haz, con frecuencia glabrescentes, a veces muy variables de tamaño en un mismo individuo. Pedúnculo de la inflorescencia de 1.8 a 3.4 cm de largo; capítulos en antésis de 2 a 4 cm de diámetro, en botón de máximo tamaño 10 a 12 mm; flósculos subsésiles, la corola 1/4 más larga que el cáliz, estambres de mayor longitud que el estilo. Pedúnculo de la infrutescencia de 1.8 a 4.2 cm de largo; fruto de 12 a 40 cm de largo y de 1.8 a 2.8 cm de ancho, oblongo, el estípote de 1.3 a 3 cm de largo, el fruto con frecuencia rojizo brillante glabro, a veces moreno claro y veloso. Semillas de 7 a 10.7 mm de largo y de 4.8 a 8 mm de ancho, ampliamente oblongas a cordadas u obovadas, moreno-rojizas, apiculadas. Plántulas de filotaxia dística. Diploide. (Anales del Instituto de Botánica, 1994-1995). En la figura 4 se presentan algunas características botánicas de la *Leucaena lanceolata* subsp. *sousae*.



Fig. 4. *Leucaena lanceolata* subsp. *sousae*. a. Rama con inflorescencia y frutos; b. Anteras; c. Flósculo; d. Cáliz extendido; e. Corola con pétalos extendidos; f. Gineceo. (Tomado de los Anales del Instituto de Botánica. UNAM 1994).



### 2.3.3. Nombres comunes

La subespecie *L. l. lanceolata* mencionada por Martínez (1979) como: "guajillo", Sinaloa, Michoacán, Guerrero; "bolillo", huajillo, Sinaloa; "guaje", Chihuahua; "nasiva", "vasina" (lengua guarigia), Sonora; "bolillo", Sinaloa (González-Ortega, 1929). "Napaiteam" (huave de San Mateo del Mar), Oaxaca (Zizumbo y Colunga, 1980). En el istmo de Tehuantepec la especie se conoce como "yaga la sha xi", (probablemente significa, guaje silvestre de tiempo de lluvias, zapoteco del istmo) y como "angelito"; en la región de Llano Grande como "guaje de zopilote", "da yuuh" (probablemente significa, guaje silvestre, chatino); en la región de Pochutla se distingue a *L. l. lanceolata* como "guaje sabanero", mientras que ambas subespecies se le llama "guaje" o "ejote". La distinción hecha entre ambas subespecies en esta región se basa en el hábito, monopódico ("espigado") en la *L. l. lanceolata* y con un fruto menor, peloso y más precoz que el de *L. l. sousae*, la cual ramifica desde la base, tiene frutos mayores, glabros en esta localidad y más tardíos en su maduración (Oaxaca).

Las dos subespecies de *Leucaena lanceolata* (*lanceolata* y *sousae*) se caracterizan por sus inflorescencias mayores que las de *L. macrophylla*, ambas especies muy relacionadas entre sí. Su límite norte se conoce en Batopilas, Chihuahua, localidad tipo en la Sierra Madre Occidental y en la península de Baja California; crece en las partes bajas hacia la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas, y en una porción del estado de Veracruz (esto último, al igual que la especie anterior, requiere de una explicación fitogeográfica). Al sur de esta área se halla la *L. l. sousae*, subespecie que quizás sea un híbrido entre las dos especies mencionadas (*L. macrophylla* y *L. lanceolata*), debido a que muestran características intermedias, que son: hojas con pocas pinnas, folíolos grandes, frutos anchos frecuentemente brillantes glabros (características similares a las de *L. macrophylla*), capítulos grandes con aroma distintivo similar al de la papaya o al plátano y flores grandes (características similares a las de *L. lanceolata*). Alrededor de la localidad tipo, la subespecie *L. l. sousae* se distingue claramente

por las dimensiones foliares, el tamaño y la ausencia de pelosidad de los frutos y por las dimensiones de las semillas; en otras áreas, puede mostrar otras combinaciones de estos caracteres, siendo el ancho del fruto y las dimensiones de las semillas las características más confiables para su identificación. Esto refuerza la hipótesis de su origen híbrido, reflejando que su estabilización genética está en proceso activo (UNAM, 1994).

### 2.3.4. Usos

Zinzumbo y Colunga (1980) mencionan los siguientes usos entre los huaves: como cerca viva, material de construcción, leña, en la elaboración de instrumentos como horcón, timo, garabato, agujas para tejer redes de pesca; cortada de las cercas vivas es dada como forraje para bovinos, caprinos, ovinos y cerdos; en la construcción de casas para vigas, travesaños, tijeras y otras. En el istmo (entre Tehuantepec y San Mateo del Mar) se planta extensivamente a lo largo de canales de irrigación y se le usa también como leña para brasa. En Pochutla, se come la hoja y las semillas tiernas crudas como ensalada; se reconoce un sabor más dulce en las semillas de *L. l. sousae*, contrastando con el sabor descrito como pungente ("picosito") de las de *L. l. lanceolata*. Los frutos son recolectados de diciembre a febrero. Se usan como verdura las semillas y hojas crudas, en comunidades chatinas de la región de Llano Grande, Oaxaca y en la costa grande de Guerrero, además, son utilizadas en sistemas de pastoreo como arbusto forrajero y como uso medicinal en infecciones de los pulmones y otras.

### 2.4. La salinidad

El origen de las sales puede ser marino, eólico, biológico y por la acumulación continental de sales o arrastre por los ríos. Kovda (1968) agrega que las aguas que fluyen a través de rocas magmáticas ácidas son las menos mineralizadas y

contienen principalmente carbonatos, cloruros, silicatos y sulfatos de álcali, mientras que las que fluyen a través de rocas magmáticas alcalinas son altamente mineralizadas y contienen carbonatos de magnesio, algo de fierro, sulfatos y silicatos. Polinov y Kovda (1960), dividieron en cinco categorías de migración de los elementos que forman los suelos salinos, de acuerdo con su movilidad durante los procesos de intemperismo y diferenciación de las sales:

**Cuadro 1. Categorías de inmigración (movilidad) de los elementos**

Categorías	Elementos
Virtualmente no lavables (I)	Si de cuarzo
Ligeramente lavables (II)	Fe, Al, Si
Lavables (III)	Si, P, Mn
Altamente lavables (IV)	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn
Muy altamente lavables (V)	Cl, Br, I, S, C, B

Las series cuarta y quinta son las que participan en la acumulación de NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, (Na)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y se acumulan en los deltas de los ríos, en los litorales marinos y en las regiones de climas secos. Estos compuestos son fácilmente lavables durante el intemperismo.

Las sales en el suelo se encuentran asociadas y disociadas, presentes como iones, los que se pueden encontrar en tres disposiciones: a) disueltos en la solución de suelo, b) absorbidos en arcillas o material orgánico muy fino, c) intercambiables, retenidos por carga eléctrica en las arcillas o material orgánico muy fino. Las sustancias más comunes en la solución del suelo son: cloruro, sulfato, carbonato, bicarbonato y nitrato como aniones y calcio, magnesio, sodio y potasio como cationes. (Aceves, 1979).

Buckman (1985) dice que los suelos salinos son aquellos que contienen una concentración de sales solubles neutras suficientes para interferir seriamente el crecimiento de muchas plantas, donde el 16% o más de la capacidad catiónica intercambiable de estos suelos esté ocupada por iones de sodio, el pH alrededor de 8.5 y conductividades eléctricas del extracto de saturación mayores de 4 dS/m.

En los valles cerrados, con mal drenaje, con presencia de capas compactas que no permitan el lavado del suelo, y donde las aguas para riego pueden contener sales, se crean las condiciones para incrementar la salinización (Vázquez, 1984). En México los suelos salinos se encuentran en las cercanías de los mares, en las riveras estuarinas o en las regiones áridas; las sales principales que causan la salinidad son de tipo clorídricas, algunas veces afloran en la superficie del suelo, o bien se quedan en algunas capas del perfil del suelo (Szabolcs, 1989). Existen suelos yesíferos en bajas extensiones de México, también de poca magnitud son los suelos alcalinos en combinación con suelos salinos y los suelos sulfático ácidos pueden ocurrir en algunas áreas marinas (Becerra, 1999).

La presencia de salinidad y/o sodicidad es un problema que limita la producción mundial en aproximadamente 40 millones de hectáreas bajo riego, lo que representa la tercera parte de la superficie total irrigada (Ortega *et al.*, 1991; Palacios, 1986). En México, se estima que hay alrededor de 4.5 millones de has. con riego, de las cuales, aproximadamente un millón presentan problemas de salinidad, desconociéndose con exactitud la cantidad en las áreas de temporal (Ortega, 1981).

#### **2.4.1. Estimadores de la salinidad**

El uso del agua con fines de producción agrícola está determinado por su calidad, evaluándose ésta por la acumulación de sales y en efecto en el rendimiento de los cultivos. Al respecto, el contenido total de sales es el criterio más importante para

evaluar la calidad del agua de riego. La única forma de conocer la salinidad absoluta o verdadera de una muestra de agua es mediante el análisis químico completo; debido a que este procedimiento consume una gran cantidad de tiempo, se ha generalizado para algunos fines, el uso de métodos indirectos que miden alguna propiedad física del agua, como la conductividad eléctrica CE, que se expresa en dS/m (Richards, 1975). Así, de forma cuantitativa, la salinidad puede estimarse a partir de las siguientes relaciones.

$$\text{ppm} = 640 \times \text{CE}$$

$$\text{meq/L} = 10 \times \text{CE}$$

Ramírez (1986) indica que el peligro de la salinidad se presenta cuando las sales se acumulan en la solución del suelo a una concentración tal que disminuye la disponibilidad de agua para los cultivos, lo que incrementa el potencial osmótico del agua al aumentar la concentración de sales del suelo, que provoca una disminución en la disponibilidad de agua para el cultivo. La presión osmótica de la solución del suelo se puede estimar mediante la conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación y de relaciones suelo:agua de 1:2 o 1:5. La relación que permite estimar la presión osmótica a partir de la CE del agua de riego es la siguiente:

$$\text{PO} = 0.36 \times \text{CE}$$

Aguas con diferente composición de elementos y con el mismo valor de CE no necesariamente darán el mismo valor de PO. La relación exacta de PO y CE será función del tipo de sales presentes en el agua; no obstante la relación reportada por éste medio da resultados bastante aceptables en términos de predecir la reducción del potencial osmótico del agua en el suelo y su efecto en la disponibilidad de agua para los cultivos (Ortega *et al.*, 1989)

Aparte de la reducción de disponibilidad de agua para la planta, la salinidad afecta su desarrollo mediante el efecto específico de determinados iones como el sodio, cloro y sulfatos. Existen numerosos trabajos del efecto de la salinidad sobre el rendimiento de los cultivos; uno de los trabajos típicos es la sistematización de la información realizada por Maas y Hoffman (1977), donde relacionan la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo y la reducción del rendimiento para un numeroso grupo de cultivos. Ayers y Westcot (1987) incluyen la conductividad eléctrica del agua en esta relación, considerando la fracción de lixiviación necesaria para obtener una determinada salinidad en el suelo.

#### 2.4.2. Métodos de análisis de la salinidad

La salinidad puede ser estimada a partir de mediciones sobre: a) extractos acuosos de muestras de suelo, b) muestras de solución de suelo obtenidas en el campo, c) el suelo, utilizando sensores porosos que absorben el agua del suelo y establecen un equilibrio con ésta, o bien mediante el uso de sondas de cuatro electrodos o sistema electromagnético (Rhoades, 1982). Las dos primeras mediciones (a y b) se realizan en laboratorio y la última (c) mediante métodos in situ. El método apropiado para medir la salinidad deberá ser seleccionado para un propósito y condición específica.

Si se requieren conocer los constituyentes de las sales solubles del suelo además del nivel general de salinidad, se recomienda la obtención del extracto de saturación con agua destilada. En este extracto se mide la salinidad a partir de su conductividad eléctrica expresada en dS/m a 25°C; la tolerancia de los cultivos a la salinidad se basa en la conductividad eléctrica del extracto de saturación (Mass y Hoffman, 1977), sin embargo, este método tiene el inconveniente de que los suelos se ajustan a un alto contenido del agua durante la extracción, situación que normalmente no prevalece durante el desarrollo del cultivo. No obstante este

inconveniente, el método es sencillo, fácil de reproducir y muy útil para establecer comparaciones relativas y conocer los constituyentes salinos.

Debido a que las cantidades de iones son influenciadas por la relación suelo-agua del extracto, tal relación deberá ser estandarizada para obtener resultados que se puedan aplicar e interpretar universalmente; la salinidad del suelo es convencionalmente definida y medida en extractos acuosos de pastas saturadas de suelo. Esta relación suelo-agua se utiliza porque dicha relación es baja y reproducible y con ella es posible obtener suficiente extracto para análisis, además se puede relacionar frecuentemente de una manera predecible con los contenidos de agua del suelo a nivel de campo. Por estas razones, la tolerancia de los cultivos a la salinidad se relaciona normalmente con la conductividad eléctrica del extracto de saturación CE<sub>s</sub> (Richards, 1982).

El extracto de saturación se obtiene a través de la pasta de suelo saturado. El punto de saturación se obtiene agregando agua destilada al suelo hasta que éste adquiera cierta consistencia la cual se describe en métodos recomendados. Este punto de saturación es generalmente reproducible con una precisión de  $\pm 5\%$  (Rhodes, 1982).

Las muestras de suelo no deberán secarse a la estufa antes de la extracción de sales solubles porque el calentamiento a 105°C convierte al menos una parte de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) en yeso de paris ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ), el cual tiene mayor solubilidad en agua que el anterior. Para evaluar la salinidad en la mayor parte de los casos, la extracción se puede hacer poco después de preparar la pasta saturada. En caso que el suelo contenga yeso, la conductividad puede aumentar de 1 a 2 mmhos durante el reposo (Richards, 1982).

También es posible estimar la salinidad y el efecto de las sales en las plantas en una relación 1:2 ó 1:5 de suelo-agua, en función de la CE (dS/m) de la solución del suelo, como se muestra en el cuadro 2 (Becerra, 1998).

**Cuadro 2. Condiciones de las plantas en función de la CE de la solución del suelo**

Suelo y condiciones de las plantas	Conductividad eléctrica dS/m (1:2)
Lavado, y poco fertilizado	0.15
Crítico para germinación	1.0
Bien fertilizado, crecimiento óptimo de plantas	1.0–2.0
Nivel crítico para plantas sensibles	Arriba de 2.0
Plantas severamente dañadas	Arriba de 3.0
Contenido crítico de sales	1.0

Los métodos *in situ* tienen la ventaja de expresar la salinidad en condiciones reales de humedad de suelo, situación que no es posible obtener en el laboratorio; son además de rápida medición y tiene grandes ventajas cuando se desea conocer la salinidad total en estudios de mapeo y monitoreo en general, así como para determinar necesidades de irrigación y drenaje. Mediante éstos métodos, es posible monitorear la salinidad de la solución del suelo entre riegos y observar cambios en la salinidad a través del tiempo. Las desventajas de éstos métodos son que requiere de calibración por el contenido de húmeda, por no expresar los constituyentes de las sales solubles y el tipo de equipo requerido no está disponible en todas las estaciones experimentales (Rhoades y Halvarson, 1977).

#### 2.4.3. Efecto de las sales en las plantas

Las sales solubles producen efectos dañinos en las plantas, al aumentar el contenido de sal en la solución del suelo y el grado de saturación de los materiales intercambiables con sodio intercambiable, ya que el Na persiste después que las sales se han eliminado. De tal manera que pueden existir diferentes tipos de



suelos salinos. "Suelo salino" es aquel que contiene sales solubles en tal cantidad que alteran desfavorablemente su productividad. De igual manera, los "suelos sódicos" son aquellos en que el sodio intercambiable afecta su productividad. Según esto, los suelos alcalinos pueden o no contener un exceso de sales solubles. El problema más común comprende aquellos suelos que contienen un exceso de sales solubles así como de sodio intercambiable, y se denominan suelos salinos sódicos, (Vázquez, 1984).

Ortiz (1977) señala que la tolerancia de un cultivo a las sales puede estimarse de acuerdo a tres criterios: 1) por la habilidad del cultivo a sobrevivir en suelos salinos, 2) por el rendimiento del cultivo en suelos salinos y 3) por el rendimiento relativo del cultivo en suelos salinos, comparado con el obtenido en un suelo no salino bajo condiciones de desarrollo similar.

Algunos autores como Becerra y Becerra (1992) consideran que las plantas empiezan a ser afectadas cuando el contenido de sales excede del 1% y que un suelo es salino si la solución extraída de una pasta saturada del suelo tiene una conductividad eléctrica de 4 dS/m o más. Alniemi *et al.*, (1996) propuso que el sodio y el potasio intercambiable deben considerarse como aditivos al definir los suelos sódicos. Algunos suelos sódicos con alto contenido de potasio tienen mejores propiedades físicas y son más fácilmente recuperables que otros sódicos con las mismas cantidades de sodio.

El efecto de las sales solubles sobre las plantas se clasifica convenientemente bajo tres encabezados: (1) depresión en el rendimiento y crecimiento, o deterioro en la calidad, determinado por la reducción del potencial osmótico del medio; (2) efectos tóxicos, los cuales causan síntomas característicos de daño asociado con la acumulación de un ion específico en la planta, cuyos efectos provocan una reducción en crecimiento y rendimiento animal, más severo que el efecto osmótico de la solución del suelo; y (3) desbalances nutricionales provocados por el exceso de uno o varios iones en la solución de suelo (Mass y Hoffman, 1977). Es evidente

que la información que proporciona la determinación de las sales solubles en el suelo, servirá principalmente para caracterizar y delimitar áreas afectadas por salinidad y poder así llevar a cabo el control de este problema. También es útil para la selección de cultivos tolerantes.

#### 2.4.3.1. Tolerancia a sales de diversas especies

El efecto detrimental de las sales de diferentes tipos sobre el comportamiento y producción de las especies vegetales puede ocurrir a lo largo de todo su ciclo vegetativo, pero hay especies indicadoras, es decir, que se han adaptado a vivir bajo esas condiciones. Dentro de éstas se incluyen al mezquite (*Prosopis juliflora*), gobernadora (*Larrea tridentata*), estafiate (*Artemisia tridentata*), eurotia (*E. lanata*), chamizo (*Atriplex polycarpa* y *A. confertifolia*), pulchea (*P. sericea*), kochia (*K. Americana*), hierba de la reuma (*Frankenia grandifolia* var. *campestris*), chico (*Sarcobatus vermiculatus*), cressa (*C. tuxillensis*), zacate salado (*Distichlis spicata*), romerillo (*Suaeda* spp.), zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), alacranera (*Salicornia* spp.) y saladilla (*Allenrolfea occidentalis*) (Richards, 1982).

Bernstein y Ogata (1969) y Mirza y Tariq (1993) mencionan que la salinidad afectó el crecimiento y nodulación de soya y alfalfa, quienes al trabajar con soluciones de 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 y 1.2% de cloruro de sodio encontraron que la materia seca de brotes, raíces y nódulos a las 20 semanas después de los tratamientos, los nódulos se incrementaron con los niveles de 0.1, 0.2 y 0.4%, pero disminuyeron con los niveles de 0.8 y 1.2%. La nodulación ocurrió en concentraciones de hasta 0.8, pero la masa de nódulos bajó con los incrementos de salinidad; el tamaño de nódulos no se afectó con los niveles de 0.4% pero se redujo el tamaño a concentraciones más altas.

El estrés a salinidad es más peligroso durante la germinación y el crecimiento temprano de las plantas. El efecto depende de la concentración y de las diferentes

especies de plantas. Kumar *et al.* (1981) trabajaron con semillas de *Heliantus anus* y *Vigna aureus*, tratándolas con 20 ml de una solución de NaCl con concentraciones de 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1%, la salinidad redujo la raíz, el hipocotilo y el cotiledón y encontró que el efecto depende de la concentración. Sin embargo con el 0.2% el crecimiento de todas las variables observadas se estimuló.

La salinidad ha sido reconocida como factor limitante de la producción para muchas plantas, actualmente en muchos países los problemas de la productividad es disminuida por la salinidad del agua y del suelo, principalmente durante la estación seca. Las plantas adultas pueden resistir altos niveles de sal en la etapa de madurez pero no así en las etapas primeras del crecimiento (Casey, 1972). En un trabajo realizado en plantas de *Digitalis* sp, el peso seco de hojas y raíz decrece linealmente cuando se aplicó NaCl, así mismo la acumulación de sodio y potasio en hojas se incrementó cuando se trataron a las plantas con 100 y 200 mM de NaCl (Morales *et al.*, 1993).

Kumar *et al.* (1981) mencionan que la acumulación de sodio y la baja absorción de potasio sucede bajo condiciones salinas, que resulta cuando se disminuye la relación sodio/potasio dentro de la planta. Maliway y Suturia (1992) trabajaron con semillas de 5 genotipos de trigo, en condiciones normales y de salinidad, con conductividades eléctricas de 4.5, 8.05 y 15.40 dS/m; encontraron una correlación negativa significativa ( $P > 0.05$ ) cuando comparó el rendimiento con la absorción de Na/K, Na/Ca + Mg y Na + K/Ca + Mg, determinando una  $r = -0.861$  entre la relación N/K con el diámetro de tallo y el rendimiento en grano.

Mass y Nieman (1978) trataron semillas de garbanzo con 20, 40, 60 y 80 meq/l de Na, y encontraron que 80 meq suprime la germinación y la acumulación de azúcares y almidón. Sugieren que la acumulación de almidón es hecha antes de la floración si la salinidad es introducida; también encontraron que la salinidad favorece la acumulación de Na y Cl. En cambio, el contenido de K disminuye bajo

condiciones salinas, de la misma forma, la acumulación de azúcares se vio disminuida y que estos compuestos tienen una función osmorreguladora.

Alniemi *et al.* (1996) estudiaron 86 variedades de alfalfa, las cuales fueron tratadas con 9 niveles de cloruro de sodio, desde 0 a 342 mM desde la germinación. Seleccionaron aquellas que soportaron los niveles más altos de sal para llevar a éstos hasta la etapa de floración y las trataron con niveles de 0, 88 y 132 mM; no existió correlación entre el porcentaje de germinación y los subsecuentes parámetros de crecimiento, y con los niveles de 88 y 132 mM de NaCl, aquellas variedades que germinaron un 50% mostraron una correlación negativa entre la relación de los rebrotes-raíz. Cuando fueron expuestas a 132 mM de NaCl después de la germinación, de manera general, la habilidad de la alfalfa para germinar en altas concentraciones de NaCl no tiene ninguna relación con la siguiente etapa de postgerminación.

La concentración de sales en la zona radical se incrementa a medida que disminuye la humedad en el perfil del suelo hasta niveles que pueden llegar a ser de 3 a 4 veces mayores que en el agua de riego que se esté usando, así, las plantas resistentes a cloruro de sodio son aquellas que pueden sobrevivir a concentraciones de 1% (171 mM) en el caso de leguminosas, aunque algunas gramíneas pueden soportar hasta un 2% (342 mM) de sales (Stavarik y Raens, 1984).

Aun cuando el sodio no se considera esencial para el crecimiento de las plantas, resulta benéfico para alguna de ellas a bajas concentraciones, por tales motivos tiene una importancia especial determinar su presencia, en los suelos, plantas y aguas. El contenido de sodio total en los suelos varía de 0.10 a más del 2.0 %; en las aguas y extractos acuosos, de menos de uno a varias centenas de partes por millón, y en las plantas, comúnmente es de 0.01 a más del 1.0 % (Chapman, 1973).

### 2.4.3.2. Límites críticos salinos para los cultivos

Cuando se trata de establecer límites salinos, existen una serie de factores, tales como la cantidad de agua, de nutrientes y condiciones ambientales. La clasificación de los suelos en cuanto a salinidad está basada en la tolerancia o sensibilidad de los cultivos a sales y al sodio (Aceves, 1979; Richards, 1982). De esta forma: de 0-2 dS/m hay efectos despreciables; de 2-4 dS/m se pueden restringir los rendimientos de los cultivos muy sensibles; de 4-8 dS/m, se abaten las producciones de muchos cultivos; de 8-16 dS/m, sólo los cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente; y de 16 dS/m en adelante únicamente pocos cultivos prosperan. En base a lo anterior, la clasificación tradicional de los suelos en cuanto a salinidad y sodicidad tienen como límite 4 dS/m y 15% de PSI. Ortega (1981) propone como límites 2 dS/m y 15 de la relación de adsorción de sodio (RAS).

Con la salinidad ocurre una deficiencia de agua por la planta, no hay crecimiento, ocasionalmente se presentan clorosis en las hojas o falta de germinación de las semillas, debido, a: a) que la presión osmótica de la solución del suelo se eleva, lo que trae como consecuencia que la planta tienda a incrementar también la concentración iónica (se ha dado en llamarle "ajuste osmótico") para poder ingresar agua al interior de las raíces; b) este proceso hace que la planta desvíe energía que debería ser usada en el crecimiento celular, pero aunque sí hay división celular, éstas no crecen (Ortega, 1981); c) la toxicidad de algunos iones específicos como el boro o los compuestos de aluminio y otros en cantidades elevadas pueden tener también este efecto (Richards, 1982); d) desbalances nutricionales causados por interferencias en la asimilación, como sucede por ejemplo con los bicarbonatos que afectan la utilización del hierro, sodio con calcio y magnesio (Aceves, 1979; Ortega, 1981).

Munns y Ternaat (1996) dividen el efecto del estrés en corto y largo. El corto efecto es en términos de días y comprende una reducción del crecimiento,

posiblemente como respuesta de la raíz al déficit de agua. El largo efecto puede ocurrir en semanas, donde con un máximo de sal, las hojas reducen la actividad fotosintética; el daño en las hojas es un resultado del exceso de ion apoplástico y el efecto tóxico del ion en los procesos metabólicos en el simplasto.

#### **2.4.4. Efecto de diferentes sales**

##### **2.4.4.1. Peligro por sodicidad**

El peligro de sodicidad se refiere a la reducción de la infiltración del agua en el suelo provocada por un predominio del sodio en relación con otros cationes; algunas propiedades físicas y mecánicas del suelo como la dispersión de las partículas, estructura y estabilidad de los agregados, son muy sensibles al tipo de iones intercambiables. Los iones divalentes, principalmente el calcio imparte propiedades favorables al suelo mientras que el sodio absorbido causa inestabilidad y dispersión de los coloides, reduciendo su permeabilidad (Shainberg y Oster, 1978; Ortega, 1983).

Ayers y Westcot (1967) señalan que los problemas de infiltración ocasionados por la mala calidad del agua de riego, ocurren generalmente en los primeros centímetros del suelo. Además, una alta salinidad disminuye la velocidad de infiltración. La reducción de la permeabilidad es explicada por dos mecanismos: a) sellado de las partículas de arcilla y b) defloculación, dispersión y movimiento de partículas de arcilla dentro de los poros conductores (Shainberg, 1984; Low y Marghein, 1979; Pupisky y Shainberg, 1979). El primer mecanismo ocurre a valores de por ciento de sodio intercambiable (PSI) mayores de 15, niveles donde el efecto es muy marcado, mientras que con valores de PSI inferiores de 10-15, el efecto no es significativo.

La dispersión de las arcillas es muy sensitiva a niveles bajos de sodicidad (Oster y Schroer, 1979) y se incrementa marcadamente a un valor bajo de PSI. La defloculación de las arcillas se produce porque los iones sodio sustituyen a los iones calcio y magnesio del complejo de intercambio, produciendo un aumento en la carga residual (Ortega, 1983). La presencia de cationes, sodio, calcio y magnesio en el agua son de vital importancia para determinar el peligro de sodicidad. El método de la relación de adsorción de sodio (RAS) es el más utilizado para detectar problemas de infiltración (Richard, 1975).

La relación de adsorción de sodio expresa la actividad relativa de iones de sodio en reacciones de intercambio con el suelo (Richards, 1975):

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2}}}$$

donde las concentraciones de iones se expresan en miliequivalentes por litro (meq/l). Así, aguas con alto RAS indican una mayor probabilidad de que el suelo absorba el sodio presente en el agua, aunque el factor de concentración total de cationes también influye y es considerado en la clasificación de Richards (1975). El método del RAS considera los problemas de infiltración como resultado de un exceso de sodio en relación con el calcio y magnesio, pero no toma en consideración los cambios en contenido de calcio en el agua del suelo, que pueden resultar debido a su precipitación o disolución durante o después del riego (Ayers y Westcot, 1987). Suárez (1981) considera los cambios en el contenido de calcio, incluyendo una corrección al RAS, ajustando la concentración de calcio, y tomando en cuenta los efectos del bióxido de carbono, del bicarbonato y de la salinidad sobre el calcio contenido originalmente en el agua de riego.

#### 2.4.4.2. Peligro por Bicarbonatos

Este índice se basa en la precipitación que ocurre del ion calcio y en menor grado el de magnesio, lo que provoca un cambio en el porcentaje de sodio soluble en el agua y por lo tanto un incremento del peligro de sodio. Kovda (1973) presentó el término carbonato de sodio residual (CSR), donde las concentraciones de iones están dadas en meq/L.

$$CSR = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

#### 2.4.4.3. Peligro por cloruros

Este ion es evaluado con relación a su afecto sobre los cultivos únicamente, puesto que no produce ningún efecto sobre las propiedades físicas del suelo ni se absorbe en el complejo de intercambio; por lo tanto el contenido de cloro en la solución del suelo dependerá de la capacidad de absorción de humedad del suelo y del drenaje. Existen varias clasificaciones específicas para tipos de cultivos y para regiones específicas. Una clasificación considera el tipo de suelo y la conductividad eléctrica para evaluar el peligro de cloro (Ortega, 1993).

#### 2.4.4.4. Peligro por Magnesio

Una alta adsorción de este elemento afecta desfavorablemente el suelo. Cuando la relación de la fórmula, que se presenta a continuación, en el agua de riego supera a 50, se producen efectos dañinos en el suelo (Rone, 1993).

$$PM = \left[ \frac{\text{Mg}^{2+}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \right] \times 100$$



### 2.4.5. Métodos de rehabilitación

Cuando se tiene el problema de salinidad y/o sodicidad, antes de utilizar cualquiera de los métodos para rehabilitar los suelos, es necesario tener en cuenta algunas consideraciones, como la calidad del agua de riego, los drenajes y el movimiento de las sales dentro del suelo, por lo que al seleccionar la metodología de recuperación, ésta tiene que ser la más adecuada (Ibarra 1984, citado por Aguirre, 1993), que además describe los métodos de rehabilitación de suelos ensalitrados:

1.- Lavado del suelo, para diluir la solución salina, utilizando un  $m^3$  de agua por cada metro de suelo, de esta forma se logra que pase suficiente agua por la zona radical (Ortega, 1981), aunque los lavados deben continuar hasta que el problema desaparezca; todo esto se tiene que hacer conjuntamente con la corrección del sistema de drenaje. Richards, (1982) afirma que si se usa agua de riego extraída de la misma zona se obtiene el beneficio adicional de que se profundiza la capa freática.

2.- Otro método es el químico, empleando yeso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) en suelos sódicos o el Carbonato de Calcio ( $CaCO_3$ ), si bien éste tiene la desventaja de que es poco soluble y debe usarse junto con algún mejorador que lo disuelva antes; para suelos calcáreo-sódicos se han utilizado tanto el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) como el azufre elemental, ya que éste por acción microbiana y oxidación se transforma a ácido sulfúrico.

3.- Los métodos físicos, consisten en barbechos profundos, subsoleos, aplicación de arena, inversión del perfil del suelo y la nivelación del terreno para evitar acumulación de sales en las partes bajas; riego al pie de las semillas cuando se hacen siembras en surcos para diluir el área cercana a ellas, formando así un microclima (Richards, 1982; Ibarra, 1984).

4.- La incorporación de grandes cantidades de materia orgánica (casi siempre es estiércol) al suelo mejora su permeabilidad superficial al aflojarlo, aumentándose la cantidad de  $\text{CO}_2$  cuando se descompone, se le llama método biológico y es más usado en suelos sódico-calcareos (Ibarra, 1984).

5.- La electro-rehabilitación (tratar el suelo con corriente eléctrica) es efectiva en los salino-sódicos (Ibarra, 1984). Aunque no es muy común su uso.

### **III.- EXPERIMENTO 1.**

#### **EFFECTO DEL NaCl Y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> SOBRE LA GERMINACIÓN DE DOS ESPECIES DE *Leucaena* Y SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Leucaena lanceolata*.**

#### **3.1. MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **3.1.1. Localización**

La investigación se efectuó en dos etapas: bajo condiciones de laboratorio e invernadero, de septiembre de 1997 a agosto de 1998, en la Facultad de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit (FAUAN), ubicada en el kilómetro 9 de la carretera Tepic-Compostela, a 2 km al sur de la ciudad y cabecera municipal de Xalisco, Nayarit, dentro del área denominada Valle de Matatipac, que comprende parte de los municipios de Tepic y Xalisco, a una altura de 940 m.s.n.m., con coordenadas 21° 25 latitud norte y 104° 52 longitud oeste.

##### **3.1.2. Procedimiento y diseño experimental.**

En la etapa de germinación, en el laboratorio se estudiaron dos genotipos: guajillo y guaje (*L. lanceolata* y *L. leucocephala* respectivamente), cuyas semillas fueron escarificadas por inmersión en agua hirviendo durante tres minutos; posteriormente se colocaron 100 semillas de cada genotipo para cada tratamiento, en cajas petri divididas en tres partes con 33 semillas cada una, cada parte representa una repetición, utilizando papel para permitir la retención de humedad.

El diseño empleado para cada genotipo fue completamente al azar con un arreglo factorial 3x4 y tres repeticiones, cuyos factores fueron tres niveles de sodio y cuatro niveles de calcio.

Los tratamientos dentro de cada genotipo se muestran en la primera columna del cuadro 3.

Cuadro 3. Composición de la solución nutritiva adicionada con cloruro o sulfato de sodio más yeso como mejorador (meq/l).

Niveles de Na y Ca		Sales sódicas y mejorador			Solución nutritiva						
Na meq/l	Ca meq/l	NaCl g/l	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> g/l	CaSO <sub>4</sub> meq/l	CaCl <sub>2</sub> Meq/l	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> meq/l	KNO <sub>3</sub> meq/l	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> meq/l	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> meq/l	CE dS/m	
0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	1.5	
0	1	0	0	0.7	0.1	0.2	3.6	4	0	1.7	
0	3	0	0	2.1	0.3	0.6	2.8	4	1.2	2.1	
0	10	0	0	7	1	2	0	4	0	2.5	
25	0	1.45	4.027	0	0	0	4	4	0	3.2	
25	1	1.45	4.027	0.7	0.1	0.2	3.6	4	0	3.4	
25	3	1.45	4.027	2.1	0.3	0.6	2.8	4	1.2	3.8	
25	10	1.45	4.027	7	1	2	0	4	0	3.8	
100	0	5.8	16.1	0	0	0	4	4	0	7.5	
100	1	5.8	16.1	0.7	0.1	0.2	3.6	4	0	8.0	
100	3	5.8	16.1	2.1	0.3	0.6	2.8	4	1.2	8.0	
100	10	5.8	16.1	7	1	2	0	4	0	8.0	

Se utilizó una solución nutritiva de diferentes compuestos minerales (ver el cuadro 3) y junto con ella, de manera secuencial, se adicionaron dos tipos de sustancias salinizadoras (cloruro y sulfato de sodio), mas sulfato de calcio (yeso) como

elemento que contrarresta el efecto de la salinidad; se utilizaron 24 cajas petri para los tratamientos con NaCl y otras 24 en los de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

El trabajo de producción de plantas se realizó en un invernadero rústico con techo de láminas de fibra de vidrio transparentes, y a modo de paredes se usó una malla de plástico también transparente. El estudio se hizo considerando el efecto de los mismos 12 tratamientos en el desarrollo de las plantas solamente del genotipo guajillo debido a que en otra investigación se había probado el efecto de las sales en el guaje. Se trasplantaron de las mismas semillas germinadas en el trabajo antes expuesto, tres plántulas a cada bolsa de plástico con perforaciones en la base, conteniendo 3 kg de suelo sin problemas de sales, que fue tamizado por la malla No. 2; una vez establecidas se dejó una sola planta en cada bolsa; se suministraron cada tercer día hasta el momento de la cosecha como agua de riego, 200 ml de las mismas dos soluciones salinas empleadas en la germinación (Cuadro 3). El diseño experimental empleado fue completamente al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, con un arreglo factorial (3x4), siendo tres los niveles de sodio y cuatro los niveles de calcio para las sales de sulfato y de cloruro de Na, haciendo un total de 96 plantas (48 para cada sal).

### **3.1.3. Variables evaluadas.**

#### **3.1.3.1. Biológicas.**

En la etapa de germinación se contabilizó el número de semillas germinadas a los ocho días en cada una de las tres secciones de las cajas petri para cada genotipo. La germinación de cada tratamiento se manejó primeramente con los datos obtenidos para determinar la germinación real, y después se ajustaron a un porcentaje relativo, donde la mayor germinación representó el 100%, con la finalidad de trabajar con diferencias más evidentes entre tratamientos.

#### **En condiciones de invernadero:**

- Se tomaron cuatro alturas de planta con intervalo de 15 días en el quinto y sexto mes de edad (A1, A2, A3 y A4).
- Peso seco de plantas en A4 (PS)
- Producción de hojas (H)
- Producción de tallos (T)
- Producción de raíz. (R)
- Proporciones de hoja: tallo (H:T) y peso de plantas: raíz (PP:R).

#### **3.1.3.2. Contenido nutrimental.**

En el laboratorio se hicieron análisis de diferentes partes de las plantas desarrolladas en los tratamientos con sulfatos o cloruros:

- Nitrógeno en hoja (NH), tallo (NT) y raíz (NR).
- Fósforo en hoja (PH), tallo (PT) y raíz (PR).
- Potasio en hoja (KH), tallo (KT) y raíz (KR).
- Calcio en hoja (CaH), tallo (CaT) y raíz (CaR).
- Sodio en hoja (NaH), tallo (NaT) y raíz (NaR).

#### **Preparación de las muestras para análisis químico.**

Una vez que las muestras se secaron a 65°C durante 48 horas, se procedió a molerlas en un molino Willey hasta un tamaño de partículas menores de 1 mm (malla 20). Posteriormente se procedió a digerir químicamente las muestras para realizar el análisis del contenido nutrimental de las diferentes partes de las plantas, siguiendo el procedimiento Hach (1996), que sigue las normas de AOAC (1990).

El nitrógeno y fósforo se determinaron con el método de colorimetría, utilizando un espectrofotómetro Hach modelo 2010. La determinación de potasio, sodio y calcio se hizo por flamometría, siguiendo los procedimientos propuestos por Chapman y Pratt (1973).

#### **3.1.4. Análisis estadístico.**

El análisis estadístico utilizado en la etapa de germinación fue mediante el procedimiento SAS (1992); la comparación de medias utilizada fue por el procedimiento de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Los resultados obtenidos para el trabajo de invernadero fueron procesados mediante el paquete estadístico Stat View para computadoras Macintosh, con una comparación de medias de Scheffé ( $\alpha=0.05$ ).

## 3.2. RESULTADOS

### 3.2.1. Etapa de germinación.

El cuadro 4 muestra los valores ajustados de germinación en *L. lanceolata* y *L. leucocephala* a los ocho días de la aplicación del tratamiento de sulfato de sodio. Se presentan las medias porcentuales relativas y la significación estadística debidas a los efectos principales, sodio y calcio, para los niveles señalados en Materiales y métodos.

**Cuadro 4.** ANAVA y comparación de medias ajustadas de germinación de semillas con aplicación de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  más el mejorador de Ca.

Concentración de iones en mM	% de germinación <sup>a</sup>	
	<i>L. lanceolata</i>	<i>L. leucocephala</i>
Na		
0	77.1 b	100.0 a
25	100.0 a	67.0 b
100	78.4 b	33.0 c
Ca		
0	80.0 d	82.0 b
1	90.0 b	83.0 b
3	85.0 c	41.0 c
10	100 a	100 a
Na	**	**
Ca	**	**
Na * Ca	**	**
R <sup>2</sup>	0.99	0.99
CV	2.23	3.89

<sup>a</sup> Letras iguales entre grupos indica que no existen diferencias significativas

Se puede observar que los tratamientos de sodio y calcio, así como su interacción, tuvieron efectos significativos en el guaje y guajillo sobre la germinación de las semillas a los ocho días de edad.



La salinidad atribuida al sulfato de sodio, redujo la germinación en la *L. leucocephala* hasta en 67% cuando se aplicaron 100 mM, y el efecto fue dependiente de la concentración de la sal en proporción directa; en cambio en la *L. lanceolata* germinó solamente el 77% y 78% con 0 y 100 mM, respectivamente; pero con 25 mM la germinación fue la mayor, incrementándose un 23 % respecto al testigo. La explicación probable de este fenómeno puede ser que a niveles bajos de sal, el Na tiene un efecto sustitutivo del K, por lo que es usado metabólicamente, pero a mayores concentraciones causa desequilibrios.

Se tuvo un marcado efecto positivo del Ca sobre la germinación en la *L. leucocephala*, que se incrementó a 100% con 10 mM, y se evidencia en la significación del análisis de varianza, pero se nota una inconsistencia en la germinación de los niveles intermedios, pues en 0 y 1 mM germinaron hasta en 83%, pero el tratamiento intermedio de 3 mM de Ca fue el más bajo con una reducción de un 59%.

El efecto del Ca en el guajillo *L. lanceolata* también favoreció significativamente la germinación, llegando a 100% con el nivel de 10 mM, superando en 20% a la germinación del testigo.

El efecto del mejorador del sulfato de calcio, aparentemente fue más efectivo cuando se utilizó el nivel más alto (10 mM), ya que los niveles intermedios, sobre todo en *L. leucocephala* no mostraron consistencia en la germinación de las semillas.

El cuadro 5 presenta los resultados de la germinación de las semillas de las dos especies cuando se trataron con la fuente de salinidad NaCl.

Puede notarse en el cuadro 5, que con el cloruro de sodio, la germinación en el guajillo no se vio afectada, ya que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales. En cambio para el guaje con 25 mM de Na se incremento un 29 %

respecto al testigo, pero con 100 mM volvió a reducirse la germinación un 22% respecto al de 25 mM, tal vez por la misma causa que en el caso de la *L. lanceolata* con sulfato de sodio.

Cuadro 5. ANAVA y comparación de medias ajustadas de germinación de semillas con aplicación de NaCl, más el mejorador de Ca.

Concentración de iones en mM	% de germinación <sup>a</sup>	
	<i>L. lanceolata</i>	<i>L. leucocephala</i>
Na		
0	100 a	71.0 c
25	100 a	100 a
100	100 a	78.0 b
Ca		
0	85.0 b	72.0 d
1	82.0 b	90.0 b
3	85.0 b	86.0 c
10	100 a	100 a
Na * Ca	n.s.	**
Ca	*	**
Na * Ca	*	**
R <sup>2</sup>	0.79	0.99
CV	7.14	2.28

\* Letras iguales entre grupos indica que no existen diferencias significativas

Al comparar la germinación por el efecto del Ca con cloruro de sodio, la *L. leucocephala* obtuvo los más altos valores con 10 mM de Ca, disminuyendo con los tratamientos 0, 1 y 3, que fueron estadísticamente diferentes al nivel más alto y entre sí, con una reducción del 28, 10 y 14% respectivamente. En *L. lanceolata* la germinación más alta se logró también con 10 mM de Ca, estadísticamente diferente a los tratamientos 0, 1 y 3 mM, que a la vez fueron estadísticamente iguales entre sí, donde se redujo un 15%.

El cuadro 6 muestra los resultados de porcentaje de germinación tomando en cuenta los datos obtenidos, con el propósito de comparar gráficamente el efecto

de cada sal en las dos especies y observar las diferencias específicas en la germinación total de ambos.

De este cuadro se desprende que la especie *L. lanceolata* tiene un mayor porcentaje de germinación y en general una menor variabilidad que la *L. leucocephala*.

Cuadro 6. Germinación obtenida de las dos especies con la aplicación de dos fuentes de sal y el sulfato de calcio como mejorador.

Trat	Na	Ca	Guajillo		Guaje	
			Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl
1	0	0	62	77	58	44
2	0	1	44	66	8	55
3	0	3	69	73	49	51
4	0	10	56	95	19	50
5	25	0	73	78	42	43
6	25	1	75	74	48	52
7	25	3	59	66	10	40
8	25	10	60	90	49	56
9	100	0	36	56	20	37
10	100	1	74	73	16	26
11	100	3	55	80	0	45
12	100	10	68	74	38	31

Con respecto al efecto de las sustancias salinizadoras, al hacer la comparación dentro de una misma especie con ambos tipos de sal, se nota una acción más deprimente de la germinación con sulfatos que con cloruros, ya que con estos últimos, los valores de germinación fueron consistentemente mayores en ambas especies. Puede verse también que con 100 mM, la germinación bajó drásticamente en el guaje, lo que denota su menor adaptación a la salinidad y que los efectos de los sulfatos son más impactantes.

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos de la germinación de cada tratamiento cuando se aplicó la sal mediante sulfato de sodio a la especie *L. lanceolata*. En esta figura se aprecia que las relaciones más apropiadas de Na:Ca sobre la germinación del guajillo con el nivel intermedio de sulfato fueron 25:0 y 25:1 mM, y en el nivel más alto, las mejores combinaciones resultaron 100:1 y 100:10 mM.

Para la *L. leucocephala* con la misma fuente de sal, los resultados se muestran en la Figura 6. En este caso las relaciones más apropiadas de Na: Ca en la germinación de guaje fueron 25:10 y 25:1 mM en el nivel bajo de sodio y 100:10 mM en el nivel alto, mostrándose que el nivel de 10 mM de Ca como mejorador fue superior al resto, aunque destaca el hecho de que la acción de 10, 1 y 0 mM de Ca al nivel de 25 mM de Na resultaron muy similares, en cambio cuando se incrementó el Na a 100 mM, la acción de 1 y 0 mM de Ca, se deprimió drásticamente. Es notorio también que el nivel de 3 mM de Ca siempre se comportó inferior en la germinación.

La figura 7 exhibe los resultados de germinación cuando se hizo la aplicación de cloruro de sodio en la *L. lanceolata*. En esta gráfica lo que resalta es la poca acción que tuvieron los niveles de sal en la disminución de la germinación, presentándose unas curvas bastante equilibradas y sin rangos amplios entre ellas, aún cuando la del nivel de 10 mM de Ca mostró cierta superioridad en el nivel bajo de sodio, y en el nivel alto, la intervención de cualquier concentración de calcio se presentó efectiva para contrarrestar la salinidad.

El efecto del cloruro sobre la germinación de la *L. leucocephala* se muestra en la figura 8. En esta gráfica, al nivel de 25 mM de sal, el mayor efecto lo hicieron la adición de 10 y 1 mM de Ca, pero se confunde al subir a 100 mM de Na, donde el tratamiento que domina es con 3 mM de Ca.

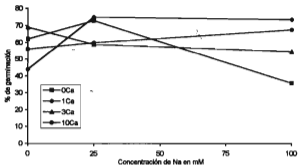


Fig. 6. Efecto de la interacción Na\*Ca sobre la germinación de guajillo tratado con sulfato de sodio.

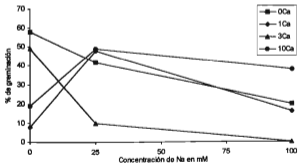


Fig. 8. Efecto de la interacción Na\*Ca sobre la germinación de guajillo tratado con sulfato de sodio.

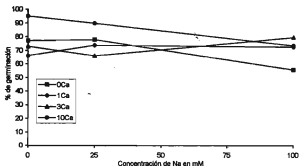


Fig. 7. Efecto de la Interacción Na\*Ca sobre la germinación de guajillo tratado con cloruro de sodio.

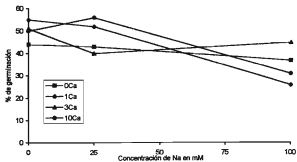


Fig. 8. Efecto de la Interacción Na\*Ca sobre la germinación de guaje tratado con cloruro de sodio.

### 3.2.2. Etapa de invernadero.

El cuadro 7 presenta los valores de conductividad eléctrica obtenidos en el sustrato suelo - agua de las dos soluciones salinas aplicadas a las plantas de guajillo.

**Cuadro 7. Conductividad eléctrica medida en el sustrato suelo-agua (1:2) de las dos soluciones salinas aplicadas a plantas de guajillo en invernadero.**

Concentración de iones en mM	Conductividad eléctrica en dS/m	
	Cloruro de sodio	Sulfato de sodio
<b>Na</b>		
0	2.3	1.81
25	3.1	2.94
100	3.7	5.65
<b>Ca</b>		
0	2.48	2.75
1	2.63	2.93
3	2.85	4.03
10	4.18	4.17

Se puede observar que la conductividad eléctrica se elevó de 2.3 a 3.7 dS/m con la fuente cloruro de sodio a niveles crecientes, y de 1.8 a 5.6 dS/m con los sulfatos, notándose que los últimos tuvieron mayor poder de elevar la salinidad de los suelos. La explicación del ascenso de la CE en los niveles crecientes de Ca, es porque para lograr la concentración de Ca, se utilizó, además del yeso, que es poco soluble, otras fuentes de Ca (cloruro y nitrato), que de alguna manera aumentan la salinidad del suelo.

En el cuadro 8 se presentan los resultados de los análisis de varianza para la variable altura de plantas, evaluada en cuatro ocasiones, cuando se aplicó NaCl a las bolsas de *L. lanceolata*, tomando en cuenta los efectos de los factores y su interacción.

En el cuadro se observa la acción deprimente del cloruro de sodio en el crecimiento, aún en el nivel más bajo, resultando sin diferencias estadísticas las reducciones del crecimiento, con las concentraciones de 25 y 100 mM, pero inferiores al testigo en los cuatro muestreos; no hubo un efecto del Ca ni de la interacción de ambos factores.

Cuadro No. 8. ANAVA y comparación de medias para alturas de plantas de guajillo con aplicación de NaCl y el mejorador Ca.

Concentración de iones en mM	A <sub>1</sub> (cm)	A <sub>2</sub> (cm)	A <sub>3</sub> (cm)	A <sub>4</sub> (cm)
<b>Na</b>				
0	20.9 a	27.8 a	34.1 a	37.5 a
25	16.5 b	21.5 b	27.5 b	33.6 b
100	14.7 b	19.6 b	24.4 b	26.4 b
<b>Ca</b>				
0	18.0	24.3	30.3	39.1
1	17.6	23.0	28.7	35.4
3	16.7	21.6	28.1	39.3
10	17.2	23.0	27.5	36.3
<b>Fuente</b>				
Na	**	**	**	**
Ca	ns	ns	ns	ns
Na * Ca	ns	ns	ns	ns

\*\*Diferencias altamente significativas. Letras iguales dentro del grupo significa que no existen diferencias significativas

El crecimiento de las plantas cuando se aplicó el sulfato de sodio como fuente de sal, se presenta en el cuadro 9.

El ANAVA en esta ocasión tampoco evidenció diferencias estadísticas significativas por efecto del mejorador Ca ni por la interacción, pero sí detectó diferencias en la altura de las plantas por la acción del Na, siendo más fuerte el efecto del nivel alto de sulfato, que fue diferente estadísticamente de los otros



niveles en las cuatro mediciones, pero el nivel bajo, 25 mM de Na, en las dos primeras veces resultó igual al testigo, mostrando diferencias solamente en las dos determinaciones finales, lo cual quiere decir que hubo cierta resistencia inicial de las plantas a la sal.

Cuadro No. 9. ANAVA y comparación de medias para la variable altura de plantas de guajillo en invernadero tratadas con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y el mejorador Ca.

Concentración de iones en mM	A <sub>1</sub> (cm)	A <sub>2</sub> (cm)	A <sub>3</sub> (cm)	A <sub>4</sub> (cm)
Na				
0	16.2 a	20.9 a	25.4 a	32.3 a
25	15.0 ab	18.1 a	19.8 b	22.6 b
100	13.2 b	14.5 b	15.7 c	15.2 c
Ca				
0	15.2	18.3	21.0	35.6
1	14.2	17.7	19.9	29.0
3	14.5	17.6	20.1	33.5
10	15.2	17.9	20.2	31.0
Fuente				
Na	**	**	**	**
Ca	ns	ns	ns	ns
Na * Ca	ns	ns	ns	ns

\*\* Diferencias altamente significativas. Letras iguales dentro del grupo significa que no existen diferencias significativas.

Las alturas de las plantas de guajillo, en los cuatro muestreos con la aplicación de las dos fuentes de salinidad en sus dos niveles se presentan en la figura 9. En esta gráfica se pone de manifiesto que la diferencia en crecimiento es notoria entre el grupo que recibió cloruro contra el de sulfatos, ya que esta sal deprimió más el crecimiento y el vigor general de las plantas, observándose a lo largo del experimento un aspecto más turgente con la aplicación de cloruros que con sulfatos.

## Crecimiento del Guajillo

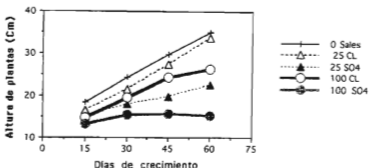


Figura 9. Crecimiento de plantas de guajillo después de su tratamiento con dos fuentes de sal probadas en condiciones de invernadero

Para explicar de forma gráfica el efecto de los factores en estudio sobre la última altura, que es cuando se hizo el corte, tomando en cuenta las dos fuentes de sales, se presentan los resultados del análisis de regresión por el procedimiento Stepwise, que mostró una alta significancia con los niveles de Na probados en este trabajo, con las ecuaciones que se presentan a continuación.

$$\text{Paso 1: } Y = 40.44 - 8.53 \pm 1.313X_1; R^2=0.48; p= .0018$$

$$\text{Paso 2: } Y = 45.25 - 8.53 \pm 1.27X_1 - 1.93 \pm 0.93X_2; R^2 = 0.52; p= n.s.$$

Y = crecimiento en cm

X<sub>1</sub> = niveles de sales (3).

X<sub>2</sub> = niveles de Ca (4).

En el cuadro 10 se muestran los resultados obtenidos para las variables proporción hoja:tallo, raíz:planta y peso seco de las plantas de guajillo cuando se trataron con la sal cloruro de sodio.

Cuadro 10. Comparación de medias para las variables proporción hoja:tallo, raíz:planta y peso seco de plantas de guajillo en invernadero con aplicación de NaCl y el mejorador Ca.

Concentración de iones en mM	Proporción hoja: tallo	Proporción raíz: planta	Peso seco de plantas (g)
Na	ns	ns	**
0	2.0	0.76	4.3 a
25	2.0	0.63	3.0 ab
100	1.6	0.59	2.1 b
Ca	ns	ns	ns
0	1.7	0.58	3.3
1	1.9	0.66	2.8
3	1.9	0.70	3.1
10	1.9	0.71	3.4

Letras iguales dentro del grupo indican que no existen diferencias significativas

Se encontró efecto del sodio solamente en la variable peso seco de plantas, pero no en las otras dos variables; tampoco se presentó efecto del calcio.

El rendimiento en peso seco de las plantas se redujo drásticamente por efecto de la sodicidad solamente el nivel de 100 mM, ya que disminuyó el peso de producción en un 51 y 30 % respecto al testigo y al de las plantas sometidas a 25 mM, aunque éste último nivel, fue estadísticamente igual al testigo.

Se hizo un análisis de regresión por el procedimiento "stepwise" para evaluar el efecto creciente de cada factor sobre las variables anteriormente mencionadas, encontrándose las ecuaciones y parámetros siguientes: en la relación H:T resultó una alta significación para los niveles de Na, cuya ecuación es:  $Y = 2.05 - 0.0043X$ , una  $R^2 = 0.94$  y una  $P < 0.001$ ; para la proporción R:P fue:  $Y = 0.72 -$

0.0014X, una  $R^2= 0.70$ , y una  $P \leq 0.001$ ; para peso seco de plantas fue:  $Y = 3.95 - 0.02X$ , una  $R^2= 0.86$ , y una  $P \leq 0.001$ .

Los datos resultantes de la aplicación de la otra sal, sulfato de sodio, para las mismas variables se presentan en el cuadro 11.

**Cuadro No. 11. Comparación de medias para las variables proporción hoja: tallo, raíz: planta y producción, peso seco de plantas de guajillo en invernadero con aplicación de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y el mejorador Ca.**

Concentración de iones en mM	Proporción hoja: tallo	Proporción raíz: planta	Peso seco de plantas (g)
Na	**	ns	**
0	1.9 a	0.93	3.3 a
25	1.7 ab	0.86	2.0 b
100	1.2 b	0.98	0.83 c
Ca	Ns	**	ns
0	1.8	0.73 b	2.2
1	1.8	0.83 b	2.1
3	1.4	1.10 a	2.1
10	1.4	1.02 a	1.8

Letras iguales dentro del grupo indican que no existen diferencias significativas.

Los ANAVA muestran que el Na cuando se aplicó  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  tuvo efectos depresivos en las variables H:T y peso seco; en el primer caso, la reducción fue del 37 % en el nivel de 100 mM respecto al testigo, y éste fue estadísticamente igual al nivel de 25 mM; la proporción R:P no se vio afectada por los niveles de sodio; el peso seco de plantas tuvo una disminución lineal conforme el nivel de sodio se incrementó, habiendo un decremento de 40 y 75% con 25 y 100 mM de Na, respectivamente.

El factor Ca no tuvo efectos sobre la proporción hoja:tallo ni en la producción de follaje, pero sí en la proporción R:P, donde los dos primeros niveles son menores

estadísticamente que los segundos, lo que indica que el calcio puede actuar solamente en el caso de aplicaciones elevadas y cuando la salinidad se debe mas bien a sulfatos que a cloruros.

Se hizo un análisis de regresión por el procedimiento stepwise para evaluar el efecto creciente de cada factor sobre las variables anteriormente mencionadas, encontrándose las ecuaciones y parámetros siguientes: en la relación H:T resultó una alta significación para los niveles de Na, cuya ecuación es:  $Y = 1.89 - 0.0069X$ , una  $R^2 = 0.99$  y una  $P \leq 0.001$ ; para la proporción R:P fue:  $Y = 0.892 - 0.0008X$ , una  $R^2 = 0.42$ , y una  $P \leq 0.001$ ; para peso seco de plantas fue:  $Y = 2.98 - 0.0226X$ , una  $R^2 = 0.90$ , y una  $P \leq 0.001$ , donde en todos los casos, X es equivalente a la concentración de sodio en mM.

Los datos resultantes de contenido de nitrógeno en las diferentes partes de la planta como efecto de los dos factores en estudio, se presentan en el cuadro 12.

**Cuadro 12. ANAVA y comparación de medias para el contenido de nitrógeno (%) en hojas, tallos y raíces de plantas de guajillo tratadas con soluciones salinas en invernadero.**

Conc. en mM	Cloruros de sodio (NaCl)			Sulfatos de sodio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		
	NH	NT	NR	NH	NT	NR
0	5.18±0.02 b	2.96±0.04	3.16±0.03 a	5.91±0.09 b	3.54±0.08 c	3.4±0.06 b
25	5.11±0.05 b	3.02±0.03	3.22±0.02 a	5.98±0.07 a	3.77±0.05 b	3.4±0.07 b
100	5.25±0.04 a	2.90±0.04	2.91±0.06 b	6.01±0.07 a	3.97±0.06 a	3.6±0.04 a
Ca						
0	5.27±0.05 a	2.9 b	3.12±0.02	5.8±0.07 b	3.06 c	3.23±0.09 c
1	5.18±0.04 ab	3.05 a	3.06±0.05	6.13±0.04 a	3.78 a	3.58±0.06 a
3	5.19±0.06 a	3.03 a	3.09±0.06	6.24±0.06 a	3.74 a	3.62±0.02 a
10	5.06±0.06 b	2.84 b	3.06±0.09	5.67±0.06 b	3.58 b	3.47±0.04 b
RSD	0.073	0.136	0.158	0.144	0.164	0.143
Na	**	ns	**	**	**	**
Ca	**	**	ns	**	**	**
Na*Ca	**	**	**	**	**	**

\*\* Diferencias altamente significativas al 1%. Letras iguales dentro de cada grupo no son diferentes.

El contenido de N en diferentes partes de las plantas sometidas a salinidad se modificó respecto al de aquellas que no lo estuvieron. En general, se aprecia un incremento en los niveles de éste elemento en las hojas y los tallos conforme se incrementan los niveles salinos, siendo más drástico el fenómeno con los sulfatos que con los cloruros, ya que los tallos no modificaron su contenido de nitrógeno por la presencia de éstos. En el caso de las raíces, se encontró que mientras con los sulfatos se incrementan los contenidos de nitrógeno, ocurre el fenómeno contrario con los cloruros (fenómeno que se aprecia mejor en las figuras 10 y 11).

El Ca mostró también efectos altamente significativos en la concentración de N en casi todas las partes de las plantas, excepto en las raíces con cloruros. Se nota en el análisis de estos que bien pudiera haber incongruencia en los resultados ya que con los niveles de 0 y 10 mM de Ca las concentraciones de nitrógeno fueron parecidas y superadas por los niveles intermedios de 1 y 3 mM, fenómeno que puede ser explicado al analizar las figuras 12 y 13.

Los análisis de varianza respectivos indican siempre una interacción altamente significativa entre los dos factores bajo investigación.

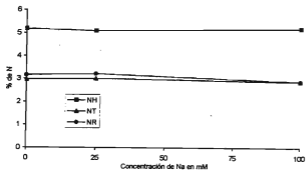


Fig. 10. Contenido de N en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.

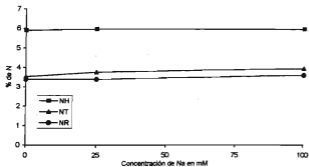


Fig. 11. Contenido de N en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.

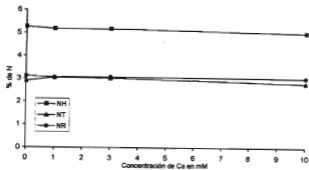


Fig. 12. Efecto del Ca sobre el contenido de N en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.

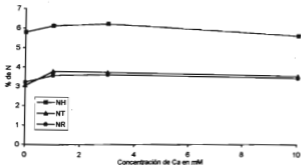


Fig. 13. Efecto del Ca sobre el contenido de N en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.



Los efectos tanto de los niveles como de los tipos de sales sobre el contenido de Na en las diferentes partes de las plantas se presentan en el cuadro 13.

**Cuadro 13. ANAVA y comparación de medias para el contenido de Na (%) en hojas, tallos y raíces de plantas de guajillo tratadas con soluciones salinas en invernadero.**

Conc. en mM	Cloruros de sodio (NaCl)			Sulfatos de sodio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		
	NaH	NaT	NaR	NaH	NaT	NaR
0	1.19±0.02 c	0.955±0.02 c	1.10±0.01 c	0.88±0.04 c	1.14±0.01c	1.19±0.05 c
25	1.52±0.03 b	1.095±0.03 b	1.37±0.01 b	2.67±0.28 b	1.72±0.05 b	3.01±0.02 b
100	2.61±0.12 a	1.94±0.07 a	1.85±0.05 a	6.51±0.34 a	2.72±0.07 a	3.44±0.02 a
Ca						
0	1.12 b	0.98 b	1.06 c	0.94 b	1.14 b	1.24 c
1	1.26 a	1.12 b	1.10 b	0.92 b	1.12 b	2.20 a
3	1.20 a	1.68 a	1.16 a	0.62 c	1.16 a	2.20 a
10	1.12 b	0.98 b	1.10 b	1.02 a	1.14 b	2.12 b
RSD	0.358	0.0346	0.044	0.285	0.103	0.907
Na	**	**	**	**	**	**
Ca	**	**	**	**	**	**
Na*Ca	**	**	ns	**	**	ns

\*\* Diferencias altamente significativas al 1%. Letras iguales dentro de cada grupo no son diferentes.

El Na y Ca tuvieron efectos altamente significativos, así como la interacción Na\* Ca, excepto para la concentración de Na en raíz, tanto en una como en otra sal. Al comparar las medias en cuanto al contenido de Na en hojas, tallos y raíces para las dos fuentes, los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, resultando superior el de 100 al de 25 mM de Na, y el testigo fue el menor. Para el efecto del factor Na, es notorio también que se tuvo un mayor tenor cuando se utilizó el sulfato que el cloruro, pero en cuanto al factor Ca, los datos muestran mayor heterogeneidad, ya que a veces son superiores las cantidades en una u otra fuente. Se sugiere observar las figuras 14 y 15 para una mejor comprensión.

En cuanto al efecto del Ca sobre el contenido de Na en hojas, destaca el hecho de que, a pesar de que no hay una consistencia en los datos, aparentemente el nivel de 3 mM de Ca provoca una mayor concentración, lo que se refleja al analizar las figuras 16 y 17.

El efecto de las sales sobre la concentración de fósforo en las diferentes partes de la planta se presenta en el cuadro 14.

**Cuadro 14. ANAVA y comparación de medias para el contenido de P (%) en hojas, tallos y raíces de plantas de guajillo tratadas con soluciones salinas en invernadero.**

Conc. de iones en mM	Cloruros de sodio (NaCl)			Sulfatos de sodio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		
	PH	PT	PR	PH	PT	PR
0	0.5261 b	0.5375 b	0.5000 b	0.5028 b	0.5290 c	0.5021 c
25	0.5122 c	0.5195 c	0.4900 c	0.5085 b	0.5844 b	0.5233 b
100	0.5342 a	0.6018 a	0.5400 a	0.5256 a	0.7412 a	0.6308 a
Ca						
0	0.5375 a	0.5700 a	0.52 a	0.5065 b	0.6337 b	0.5502 a
1	0.5179 b	0.5136 c	0.50 a	0.5163 a	0.6750 a	0.5533 a
3	0.5136 b	0.5559 b	0.49 a	0.5240 a	0.5935 a	0.5512 a
10	0.5277 a	0.5722 a	0.53 a	0.5023 b	0.5707 c	0.5535 a
RSD	0.01	0.0169	0.0632	0.021	0.0623	0.0231
Na	**	**	*	**	**	**
Ca	**	**	ns	*	**	ns
Na*Ca	**	**	ns	ns	**	*

\* Diferencias significativas al 5%; \*\* diferencias altamente significativas al 1%. Letras iguales dentro del grupo no son diferentes.

Puede verse que el contenido de fósforo en todas las partes de la planta se aumentó de forma lineal con el contenido de salinidad aportada por sulfatos, mientras que con los cloruros, se presentó un efecto peculiar, pues con el nivel de 25 mM se deprimió la concentración de fósforo respecto al testigo, pero con 100 mM, los valores superaron a ambos (testigo y 25 mM).

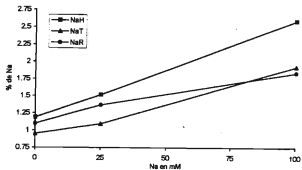


Fig. 14. Contenido de Na en diferentes tejidos de la planta de guajillo tratadas con NaCl

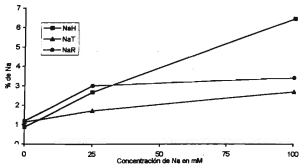


Fig. 15. Contenido de Na en diferentes tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio

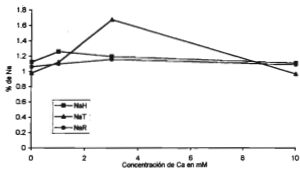


Fig. 16. Efecto del Ca sobre el contenido de Na en tejidos de guajillo tratado con Cloruro de sodio.

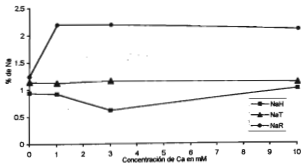


Fig. 17. Efecto del Ca sobre el contenido de sodio en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.

La aplicación de sulfatos mostró también un efecto parecido, donde nuevamente los 100 mM de Na superaron a los otros niveles, pero al contrario de los cloruros, el nivel de 0 Na fue el más bajo. No hubo diferencias en la concentración de P con la aplicación de una u otra sal. La explicación gráfica de este fenómeno se presenta en las figuras 18 y 19.

Respecto a los niveles de Ca, con aplicación de cloruros, los niveles testigo y 10 mM de Ca resultaron los de más alta concentración de P en las partes de las plantas, pero en los sulfatos fue al revés, ya que los niveles 1 y 3 superaron a los restantes, lo cual se explica mejor en las gráficas de las figuras 20 y 21.

Se presentó interacción Na \* Ca en cuatro de las variables, a excepción de PR con cloruros y PH con sulfatos.

Las concentraciones de K en las partes de las plantas con la aplicación de las dos fuentes de sal y por efecto de los factores Na y Ca se presentan en el cuadro 15.

**Cuadro 15. ANAVA y comparación de medias para el contenido de potasio (%) en hojas, tallos y raíces de plantas de guajillo tratadas con soluciones salinas en invernadero.**

Conc. en mM	Cloruros de sodio (NaCl)			Sulfatos de sodio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		
	KH	KT	KR	KH	KT	KR
0	3.49 a	2.055 b	2.805 b	3.46 b	2.78 a	3.03 a
25	3.08 b	2.10 a	3.205 a	3.91 a	2.23 b	2.62 b
100	2.79 b	2.16 a	2.945 a	3.87 a	2.14 b	2.52 b
Ca						
0	3.12 a	1.9933 b	2.92 b	3.86 b	2.1733 b	2.8267 a
1	3.04 b	2.0800 b	2.88 b	3.33 c	2.4400 a	2.5067 b
3	3.16 a	2.1933 a	3.02 a	3.53 c	2.4933 a	2.6267 b
10	3.17 a	2.1533 ab	3.12 a	4.25 a	2.4267 a	2.9333 a
RSD	0.0856	0.05716	0.0949	0.308	0.247	0.102
Na	**	**	**	**	**	**
Ca	**	**	**	**	**	**
Na*Ca	**	**	**	**	*	**

\* Diferencias significativas al 5%, \*\* diferencias altamente significativas al 1%. Letras iguales dentro del grupo no son diferentes.

Respecto al contenido de K, el Na, Ca y la interacción Na\*Ca tuvieron efectos significativos en ambas soluciones.

Los niveles de potasio en las hojas del guajillo disminuyeron cuando la salinidad se debió a cloruros, el fenómeno inverso ocurre cuando la salinidad se debe a sulfatos. Las concentraciones de potasio en tallos y raíces aumentaron con los cloruros y disminuyeron con los sulfatos, como se comprueba con las gráficas de las figuras 22 y 23.

Con el uso de cloruros, por efectos del Ca, en todas las variables los niveles de 3 y 10 mM fueron superiores al testigo, mientras que cuando se aplicaron sulfatos, el nivel de 10 mM fue el que presentó mayor contenido de potasio en todas las partes de la planta, siendo superior al testigo y a los demás niveles, lo que puede explicarse mejor con la observación de las gráficas de las figuras 24 y 25.

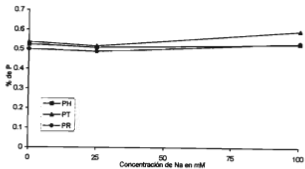


Fig. 18. Contenido de P en tejidos de guallo tratado con cloruro de sodio.

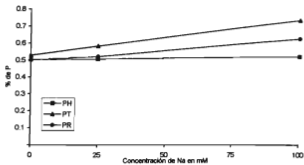


Fig. 18. Contenido de P en tejidos de guallo tratado con sulfato de sodio.

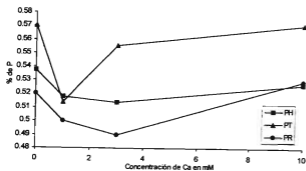


Fig. 20. Efecto del Ca sobre el contenido de P en tejidos de guajillo tratado con Cloruro de Sodio

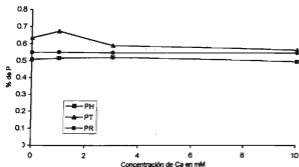


Fig. 21. Efecto del Ca sobre el contenido de P en tejidos de guajillo tratado con Sulfato de sodio.



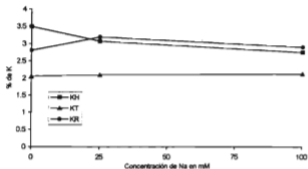


Fig. 22. Contenido de K en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.

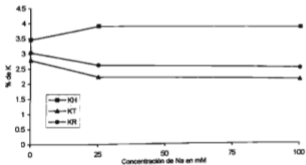


Fig. 23. Contenido de K en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.

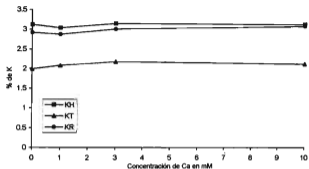


Fig. 24. Efecto del Ca sobre el contenido de K en tejidos de guajillo tratado con cloruro de sodio.

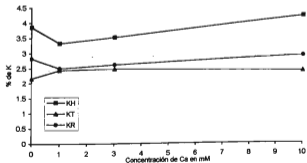


Fig. 25. Efecto del Ca sobre el contenido de K en tejidos de guajillo tratado con sulfato de sodio.

### 3.3. DISCUSIÓN

#### 3.3.1. Etapa de germinación

La disminución en la germinación de 67% para *L. leucocephala* y de 22% para y *L. Lanceolata*, con una concentración de 100 mM de Na, se atribuyó a la presencia del sulfato en la solución nutritiva, ya que cuando las plantas recibieron sales derivadas de cloruro de sodio la germinación no se afectó por ningún tratamiento, aunque el guaje presentó una reducción del 22% con 100 mM, presentando su máxima germinación con 25 mM de Na. Esto puede deberse a que el guajillo es una planta nativa y desarrollada en ambientes salinos, no así el guaje, cuyo origen proviene de suelos secos sin problemas de sales (Becerra 1999; Kumar *et al.*, 1981).

En las diferencias encontradas por efecto del Ca en la disminución de la toxicidad del Na, se observó que con 10 mM de Ca se alcanzó mayor germinación de ambas especies, aunque el guajillo no mostró diferencias en las interacciones, lo que concuerda con diferentes autores sobre el efecto benéfico del Ca cuando existen problemas de salinidad (Saha y Gupta 1993 y Maliway y Suturia 1992) en donde al estudiar el efecto del Ca cuando existen problemas de salinidad, las relaciones de Na:Ca más benéficas están de acuerdo a los resultados de este trabajo, que son del orden de 25:10 y 100:10.

#### 3.3.2. Etapa de invernadero

En condiciones de invernadero se obtuvieron diferencias significativas en la disminución del crecimiento de forma lineal y negativa en plantas de guajillo al aumentar el nivel de sodio de los dos tipos de sales, aunque la toxicidad de los sulfatos fue más que la de cloruros; el efecto benéfico del Ca sólo se presentó

cuando interaccionó con los cloruros; estos resultados son un tanto discordantes con los obtenidos por Kawasaki y Moritsugo (1978), Muhammad (1987), evidenciándose la necesidad de aplicar mejoradores del suelo con problemas de salinidad.

La proporción hoja: tallo disminuyó solamente cuando recibieron Na a partir de sulfatos, el Na al interactuar con el Ca no presentó ninguna atenuación de efecto nocivo de las sales; referente a la proporción raíz:planta disminuyó con los niveles de Na cuando se aplicaron cloruros mientras que los sulfatos no afectaron esta proporción; se encontró una reversión del efecto tóxico del sodio por influencia del Ca en ambos tipos de sales; iguales resultados han sido reportados por Becerra (1999), quien mostró los efectos benéficos del Ca en plantas leguminosas de frijolillo (*Rhynchosia minima*).

Islas (1997) reporta que el rendimiento de *Leucaena leucocephala* tuvo reducciones significativas del rendimiento expresado como materia seca, cuando se aplicaron hasta 200 mM de NaCl en pruebas de invernadero. En este caso las plantas de guajillo mostraron una disminución en su rendimiento de materia seca conforme se incrementó el nivel de NaCl en menor proporción que cuando se aplicaron los NaSO<sub>4</sub>, en tanto que el efecto del Ca no presentó efectos significativos combinado con los dos tipos de sal.

El contenido de N en hojas se incrementó con 100 mM de NaCl, lo cual puede asociarse con el efecto benéfico del calcio o bien que esta planta sea resistente a salinidad clorhídrica y sulfática, lo cual puede ser debido a que produce metabolitos nitrogenados que atenúan el daño por el estrés a salinidad. Resultados similares han sido reportados en plantas de *Rhynchosia minima* por Becerra (1999), Madueño (1998) y Mirza y Tariq (1993) en plantas de soya y alfalfa. Por efecto del calcio solamente las sales sulfáticas de uno y tres mM incrementaron el contenido de N, resultados que confirman la interacción que pueden tener un efecto benéfico de los compuestos que proporcionen Ca sobre

los procesos de fijación biológica del N, lo que resulta similar a lo reportados por muchos autores, entre ellos a Franco y Day (1980) y Lauchli y Bielesky (1983).

El contenido de Na en diferentes partes de la planta de guajillo se relacionó positivamente con las dos fuentes salinas, se acumuló en igual proporción en hojas y raíz, aunque con las sales sulfáticas la concentración fue muy superior en las hojas, lo cual puede ser debido a que es una planta nativa adaptada y resistente a condiciones salinas. La acumulación en las hojas y la raíz es un mecanismo de defensa para el estrés salino, como lo mencionan Maas y Grieve (1987), Figueroa *et al.* (1991). Por otra parte los tratamientos de Ca 10 mM presentaron los contenidos más bajos, lo cual demuestra que las aplicaciones de calcio pueden revertir el efecto tóxico del sodio evitando la asimilación por la planta de acuerdo con lo mencionado por Cramer *et al.* (1987).

El contenido de P en hojas, tallos y raíces se incrementó solamente con 100 mM de sodio de las dos fuentes; por efectos del Ca en hojas y tallos se redujo con uno y tres mM; en la raíz no existieron diferencias. Cuando se aplicaron sulfatos de sodio el contenido de P en hojas, tallo y raíz también se incrementó significativamente. El efecto del Ca provocó un incremento tanto en hojas como en tallos con los niveles uno y tres mM. El contenido de P en raíz no presentó efectos. Resultados un tanto diferentes a los reportados por Gutiérrez (1991), quien menciona que en las especies forrajeras el contenido de P disminuye a medida que avanza la madurez, por otra parte los resultados son similares a lo reportado por Chapman (1979) y Becerra (1997), que mencionan que valores promedio de 0.5% de P son muestras de un buen abastecimiento de este elemento.

El contenido de K foliar fue mayor por efecto del NaCl. Por efecto del Ca la absorción de potasio se incrementó con los niveles de tres y 10 mM en todas las partes de la planta. Estos resultados son similares a los de Figueroa *et al.* (1991), quienes trabajaron con condiciones similares con *Pistacia terebinthus*, en el cual el

contenido de K disminuye con la salinidad. Por efectos del  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  el contenido de K se incrementó en mayor proporción en las hojas; por efecto del Ca existió un ligero aumento en las hojas. En la respuesta del K por la interacción Na\*Ca tratadas con sales tanto de sulfatos como de cloruros, las relaciones con tres y 10 mM fueron las mas adecuadas, lo que está de acuerdo a muchas revisiones que recomiendan considerar las relaciones Na/ K tanto en el suelo como la absorbida por las plantas (Maliway y Suturia, 1991).

### 3.4. CONCLUSIONES

#### 3.4.1. Etapa de germinación

- 1- El NaCl afectó la germinación de *Leucaena leucocephala* (guaje) pero no tubo ningún efecto sobre *Leucaena lanceolata* (guajillo).
- 2- El Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> afectó la germinación de ambas especies, con una reducción del 67% en *Leucaena leucocephala* y 22% en *Leucaena lanceolata*.
- 3- La toxicidad manifestada por las dos sales se redujo por efecto de la aplicación de 10 mM Ca.

#### 3.4.2. Etapa de invernadero

- 4- El Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> fue más estresante que el NaCl sobre el crecimiento de las plantas de guajillo, con una reducción del 53 y del 30% respectivamente.
- 5- La proporción hoja tallo disminuyó con la concentración de 100 mM de Na, mientras que con 25 mM se incrementó respecto al testigo.
- 6- La proporción peso de raíz:peso de planta, fue afectada por el tipo de sal pero no por la concentración, ya que los pesos de las raíces que recibieron NaCl fueron un 30 % mayores que las que recibieron Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- 7- El contenido de nitrógeno en hojas se incrementó al aumentar la concentración de sales, siendo mas acusado el efecto con el Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> que con NaCl. Se encontró una interacción de las fuentes de sales con el Ca, ya que cuando se

combinó con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , el contenido de N se incrementó, y se redujo cuando se combinó con  $\text{NaCl}$ .

- 8- Tanto en tallos como en raíces, el contenido en N se incrementó cuando las sales aplicadas fueron sulfatos, pero no se afectó con la aplicación de cloruros. Al combinar 3 mM de Ca con los dos tipos de sales se incrementó el contenido de N.
- 9- El contenido de Na en hojas se incrementó mas con las sales sulfáticas que con las clorhídricas a niveles de 100 Mm, alcanzando concentraciones de 6% y 2.6% con sulfatos y cloruros, respectivamente.
- 10-Las plantas tratadas con sulfatos tuvieron 57 y 40% más Na en los tallos que las plantas tratadas con cloruros, para los niveles de 25 y 100 mM respectivamente.
- 11- El contenido de sodio en la raíz, se incrementó tanto por el tipo como por la concentración de sales administradas al suelo. La adición de calcio y su combinación con el tipo de sales no afectaron significativamente la concentración de sodio en la raíz.



## IV.- EXPERIMENTO 2.

### EFFECTO DE LA APLICACIÓN A SUELOS SALINOS DE $\text{CaSO}_4$ Y ESTIÉRCOL BOVINO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE *Leucaena lanceolata* y *Leucaena leucocephala*.

#### 4.1. MATERIALES Y MÉTODOS

##### 4.1.1. Localización.

Los trabajos de campo se establecieron en una parcela en la costa del Pacífico, en el CBTA 130 de Guadalupe Victoria, Nayarit, en el km 9.9 de la carretera San Blas-Guadalupe Victoria, a una altitud de 10 m sobre el nivel del mar, en las coordenadas geográficas 21° 44' latitud norte y 105° 19' longitud oeste.

##### 4.1.2. Suelo

En el lugar donde se estableció el experimento de campo se hicieron dos perfiles representativos de la zona (cuadro 16), midiéndose el contenido de humedad después de secar las muestras a 105 ° C hasta peso constante; el pH y la CE se determinaron en una relación suelo-agua (1:2); y el contenido de K, Ca y Na se analizaron con el filtrado de la relación suelo-agua (1:2) por flamometría (con un flamómetro modelo Sherwood 410). Los suelos de esta región tienen pendientes de 0 - 3 % y son clasificados como suelos Solonchack, que se caracterizan por tener alguna capa afectada por sales y con alto contenido de sodio, según lo muestra el cuadro 16.

### 4.1.3. Clima

El clima, de acuerdo a la clasificación climática de Koppen, con las modificaciones de García (1964), es cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw<sub>2</sub>, que se presentan a finales de junio, con una precipitación pluvial promedio de 1,148.8 mm al año y una temperatura promedio anual de 26 ° C; con 8 o 9 meses de sequía (INEGI, 1994).

**Cuadro 16. pH, conductividad eléctrica y contenidos de K, Ca y Na de dos perfiles del suelo en Guadalupe Victoria, Nay. Mayo de 1997.**

Prof. (cm)	Hum %	pH	CE (dS/m)	K (ppm)	Ca (ppm)	Na (ppm)
<b>Perfil 1</b>						
0-20	20.40	8.5	3.63	76.76	222.5	1760.0
20-40	27.07	8.8	1.65	62.80	120.0	880.0
40-60	26.53	8.0	1.22	76.76	100.0	550.0
60-80	23.89	8.2	1.24	65.12	92.5	522.5
80-100	26.52	8.0	1.22	27.91	77.5	495.0
100-120	26.19	8.0	1.22	53.49	82.5	425.0
<b>Perfil 2</b>						
0-20	15.00	8.6	1.91	76.76	475.0	770.0
20-40	21.25	8.4	1.01	27.91	75.0	467.5
40-60	22.39	8.2	0.94	34.89	72.5	412.5
60-80	21.95	8.4	1.06	32.56	75.0	467.5
80-100	26.56	8.2	1.02	62.80	87.5	440.0

### 4.1.4. Procedimiento y diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

Los tratamientos aplicados al suelo como mejoradores del mismo para tratar de contrarrestar el efecto de la salinidad; fueron:

- 1) yeso (5 ton/ha)
- 2) yeso + estiércol bovino (5 + 30 ton/ha)
- 3) estiércol bovino (30 ton/ha)
- 4) testigo (0-0).

El banco de proteínas se estableció a base de las leguminosas *Leucaena lanceolata* y *Leucaena leucocephala*. Se sembraron en la Facultad de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, en bolsas de plástico, semillas de *L. lanceolata* y cuando fue necesario se consiguieron plantas de la otra especie. El terreno fue preparado en diciembre de 1997 y el trasplante de las especies se hizo en febrero de 1998. Se aplicaron algunos riegos de auxilio hasta el establecimiento de las lluvias del siguiente temporal.

La distancia entre plantas fue de 33 cm en surcos dobles a 50 cm de separación entre ellos, la separación de los surcos fue de 3.5 m entre cada par. En cada par de hileras se plantó un genotipo y en el siguiente par el otro, de manera que fueran intercalados. El espacio central se encontraba cubierto por gramíneas como pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y zacate bermuda común que se desarrolla en esta zona.

En la figura 26 se muestra un ejemplo de la forma de distribución y acomodo de los tratamientos establecidos en campo.

La unidad experimental consistió en un surco doble de 10 m de largo por 0.50 m de ancho con 60 plantas para cada genotipo.

Como una medida preventiva se efectuaron dos aplicaciones de insecticidas, principalmente en la edad temprana o sea al momento del transplante y la otra a los 45 días después de la primera; fueron a partir de espolvoraciones con parathión metílico al 2% en forma manual. Además se aplicó herbicida comercial hierbamina, en aspersiones dirigidas para el control de malas hierbas de hoja

ancha principalmente, para evitar la competencia por los nutrientes del suelo, y facilitar un mejor desarrollo de las leguminosas en estudio.

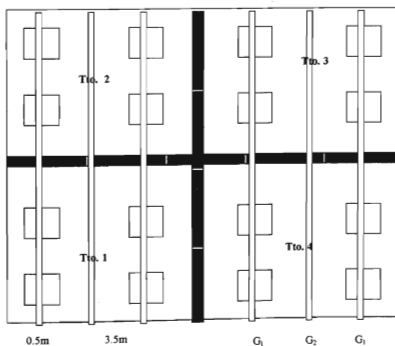


Figura 26. Distribución del diseño experimental y sus tratamientos. G<sub>1</sub> = (*Leucaena lanceolata*). G<sub>2</sub> = (*Leucaena leucocephala*)

#### 4.1.5. Variables evaluadas.

##### 4.1.5.1. Comportamiento vegetal

La evaluación de estas variables se realizó en el mes de julio (cinco meses después del trasplante), y el procedimiento de muestreo fue el siguiente: Como la superficie total estuvo dividida en cuatro fracciones para alojar los cuatro tratamientos, y además dentro de cada fracción existían los dos genotipos, para cada uno de ellos se seleccionaron cuatro repeticiones representativas de la parcela y se acotaron 10 m de longitud, haciéndose las mediciones de las variables dentro de estos 10 m en ambos surcos.

1. Altura de planta (A). Para lo cual se utilizó una cinta métrica, midiendo del suelo hasta la altura natural de todas las plantas dentro de la zona acotada de muestreo.
2. Diámetro del tallo de la planta (D). Se utilizó un Vernier marca Scala hecho en México, de 12 cm de longitud, midiéndose a una altura de 50 cm sobre el suelo a todas las plantas de la zona de muestreo.
3. Peso Seco (P.S.). Se evaluó con una báscula con precisión de 1g, pesando el material vegetal excedente cortado a una altura superior a los 50 cm de los dos surcos dentro de cada zona de muestreo, se cortaron las hojas y ramas de grosor menor a 0.5 cm de diámetro, por considerar que son potencialmente consumibles; se seleccionó posteriormente una muestra representativa, separando hojas y ramas, que se secó en estufa de laboratorio a 65°C y enseguida se efectuó el análisis del contenido nutricional y de calidad.

#### 4.1.5.2. Contenido Nutricional

Se consideró la parte aérea comestible de la planta, que incluyó los tallos hasta de 5 mm de grosor junto con las hojas; se secaron a 65°C, y se molió en un molino marca Willey, tamizando el material en una malla del número 20. A una muestra de 0.25 g se le hizo una digestión húmeda a 440 °C con 5 ml de ácido sulfúrico químicamente puro y 10 ml de peróxido de hidrógeno al 50% en un digestor Digesdahl, después se aforó a 100 ml con agua destilada (Hach, 1998).

El digerido se analizó por colorimetría en un aparato Hach DR / 2010, determinando lo siguiente:

1. Porcentaje de nitrógeno (% N)
2. Porcentaje de fósforo (% P).

Mediante un flamómetro de gas marca Sherwood 410 se determinó:

1. Porcentaje de potasio (% K)
2. Porcentaje de calcio (% Ca)
3. Porcentaje de sodio (% Na)

#### 4.1.5.3. Calidad del forraje

Se determinó la calidad del forraje, considerando el contenido de la pared celular, mismo que se obtuvo por el método de Harris (1970):

1. Porcentaje de Fibra Neutro Detergente (% de FND)
2. Porcentaje de Fibra Acido Detergente (% FAD).

En estas fracciones de la pared celular, por medio de una digestión húmeda se determinaron los siguientes componentes:

1. Porcentaje de nitrógeno en la Fibra Neutro Detergente (% de N en FND)
2. Porcentaje de nitrógeno en Fibra Acido Detergente (% de N en FAD).

Los análisis de varianza se hicieron con el paquete estadístico Stat View de Macintosh

## 4.2. RESULTADOS.

Los resultados de las variables del comportamiento vegetal al aplicar los tratamientos a los dos genotipos se presentan en el cuadro 17.

**Cuadro 17. ANAVA y comparación de medias de las variables biológicas de los genotipos bajo los mejoradores del suelo.**

F.V.	Fc		P	
	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. lanceolata</i>	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. lanceolata</i>
Altura (A)	5.98	10.83	0.009	0.001
Diámetro (D)	8.26	3.67	0.003	0.040
Peso seco (MS)	3.37	4.73	0.050	0.020

Trat.	<i>L. leucocephala</i>			<i>L. lanceolata</i>		
	Altura (A) (m)	Diám. (D) (cm)	Peso seco (MS) (kg)	Altura (A) (m)	Diám. (D) (cm)	Peso seco (MS) (kg)
Yeso	1.69 ± 0.11 a	1.12 ± .08 a	.10 ± .02 a	1.54 ± .02 a	.99 ± .05 a	.09 ± .01 a
Yeso + Estiércol	1.24 ± 0.08 b	0.73 ± .06 b	.05 ± .01 b	1.18 ± .05 b	.73 ± .06 c	.04 ± .01 b
Estiércol	1.44 ± 0.05 b	0.90 ± .04 b	.08 ± .005 b	1.29 ± .06 b	.89 ± .07 b	.04 ± .01 b
Testigo	1.41 ± 0.03 b	0.90 ± .01 b	.08 ± .001 b	1.35 ± .05 ab	.87 ± .03 b	.05 ± .01 b

Letras iguales en la misma columna no son diferentes significativamente ( $P \leq 0.05$ );  $\pm$  es el error estándar

En el ANAVA del cuadro anterior se observa que en los dos genotipos *Leucaena leucocephala* y *L. lanceolata* existieron efectos significativos por los diferentes tratamientos aplicados al suelo.

También se muestra en el cuadro 17 que el efecto del yeso en el genotipo guaje presentó mayor altura, diámetro y peso seco que los demás tratamientos y por consiguiente fue estadísticamente superior a los otros (yeso + estiércol, estiércol y



testigo), los cuales fueron iguales entre sí. En el caso del genotipo guajillo en el tratamiento con yeso el comportamiento fue similar al anterior genotipo.

La altura (A) del guaje con el tratamiento del yeso se incrementó un 20%, el diámetro (D) un 24% y el peso seco (MS) un 25% con respecto al testigo y en el guajillo la altura se mejoró el 19 %, el diámetro un 14% y el peso seco un 80% con respecto al testigo.

Las ecuaciones de regresión simple, para obtener el peso de follaje comestible en base seca (Kg) en función del diámetro (cm) de la planta, a una altura de 50cm desde el suelo fueron:

$$\text{Para el Guaje (Leucaena leucocephala): } Y = -0.05 + 0.14 X; r^2 = 0.77$$

$$\text{Para el Guajillo (Leucaena lanceolata): } Y = -0.80 + 0.156 X; r^2 = 0.5$$

En el cuadro 18 se presentan los resultados obtenidos de los análisis químicos realizados en los dos genotipos donde se aplicaron los tratamientos mejoradores del suelo.

En el ANAVA se observa que el contenido de nitrógeno de la parte aérea correspondiente al guaje (*Leucaena leucocephala*) no fue significativo. En cambio en el guajillo (*Leucaena lanceolata*) el contenido de nitrógeno fue significativo ( $P \leq 0.02$ ); y para las demás variables P, K, Ca y Na en ambos genotipos fueron altamente significativos.

El contenido de nitrógeno en la parte aérea del guaje fue de 3.3 %. En el guajillo el tratamiento de yeso + estiércol se incrementó un 8% respecto al testigo, siendo los demás tratamientos estadísticamente iguales a éste.

**Cuadro 18. ANAVA y comparación de medias del contenido nutrimental de dos leguminosas bajo cuatro tratamientos al suelo.**

F.V.	Fc		p	
	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. lanceolata</i>	<i>L. leucocephala</i>	<i>L. lanceolata</i>
%				
N	0.34	4.51	0.80	0.024
P	10.63	6.15	0.001	0.009
K	11.00	9.50	0.0009	0.002
Ca	11.31	26.07	0.0008	0.0001
Na	33.22	31.14	0.0001	0.0001

Trat	<i>L. leucocephala</i>				
	% N	% P	% K	% Ca	% Na
Yeso	3.46	0.57 ± 0.02 a	3.92 ± .05 a	0.13 ± .003 b	1.10 ± .02 b
Yeso + estiércol	3.14	0.46 ± .001 b	4.08 ± .05 a	0.14 ± .008 a	1.14 ± .01 b
Estiércol	3.30	0.41 ± .004 b	3.76 ± .04 b	0.13 ± .003 b	1.16 ± .001 b
Testigo	2.94	0.46 ± 0.03 b	3.64 ± .02 c	0.12 ± .002 b	1.32 ± .02 a
Trat	<i>L. lanceolata</i>				
	% N	% P	% K	% Ca	% Na
Yeso	3.31 ± 0.12 b	0.71 ± 0.10 a	3.16 ± .07 bc	0.11 ± 0.00 b	1.52 ± 0.02 a
Yeso + estiércol	3.68 ± 0.05 a	0.48 ± .006 b	3.36 ± 0.09 b	0.11 ± 0.00 b	1.24 ± 0.0 bc
Estiércol	3.48 ± 0.01 b	0.48 ± .003 b	3.48 ± 0.02 b	0.11 ± 0.00 b	1.30 ± 0.11 b
Testigo	3.50 ± 0.05 b	0.46 ± 0.01 b	3.74 ± 0.10 a	0.12 ± 0.00 a	1.34 ± 0.03 b

Letras iguales en la misma columna no son diferentes significativamente ( $P \leq 0.05$ ); ± es el error estándar.

Las comparaciones de los tratamientos con respecto al testigo, en los nutrimentos analizados se presentan a continuación:

El contenido de fósforo se incrementó un 24 % en el guaje con el tratamiento de yeso; en cambio en el caso del guajillo se incrementó un 54 %, y el testigo fue estadísticamente igual a los tratamientos de yeso + estiércol y de estiércol. También se observa que el guajillo tiene en el tratamiento con yeso un contenido de Fósforo mayor al 25 % que el guaje.

Referente al contenido de K, en el guaje los tratamientos con yeso y yeso + estiércol no presentaron diferencias estadísticas, con un valor medio de 4%, y fueron superiores al testigo y al de estiércol, con un contenido de 3.7 %; en cambio, en el guajillo el contenido, se redujo un 10 % con los tratamientos a base de yeso, yeso + estiércol y estiércol (3.2%) que fueron estadísticamente iguales entre sí, e inferiores al testigo (3.7%).

En el genotipo guaje, el contenido de calcio se incrementa con el tratamiento yeso + estiércol, y fue estadísticamente superior a todos los tratamientos, los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre ellos; en el guajillo la concentración del calcio se redujo un 8 % con los tratamientos de yeso, yeso + estiércol y estiércol, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al testigo.

En los que respecta al contenido de sodio en el guaje se disminuyó un 13.6 % con los tratamientos de yeso, yeso + estiércol y estiércol, que fueron estadísticamente iguales pero inferiores al testigo; en el caso del guajillo el contenido de sodio se vió aumentado un 17 %, cuando se aplicó yeso y fue superior a los demás tratamientos con yeso + estiércol, estiércol y testigo, que fueron estadísticamente iguales entre ellos.

En el cuadro 19 se presentan los resultados del análisis de fibra como indicador de calidad de los forrajes.

En el análisis de varianza cuadro 19 se muestra que en el genotipo guaje (*Leucaena leucocephala*), solamente en el contenido de N en FAD no se encontraron diferencias significativas; en cambio en el guajillo (*Leucaena lanceolata*) en los contenidos de FAD y N en FAD no hubo significancia estadística

**Cuadro 19. ANAVA y comparación de medias de la calidad del forraje para los dos genotipos con los tratamientos al suelo.**

F.V.	Fc		p	
	L. <i>leucocephala</i>	L. <i>lanceolata</i>	L. <i>leucocephala</i>	L. <i>lanceolata</i>
%				
FND	57.65	30.001	0.0001	0.0001
N en FND	10,355.41	6.25	0.0001	0.020
FAD	58.26	1.83	0.0001	0.19 ns
N en FAD	1.44	1.75	0.28 ns	0.18 ns

Trat	L. <i>leucocephala</i>			
	% FND	% N en FND	% FAD	% N en FAD
Yeso	45.51 ± 0.28 c	1.99 ± .0004 b	39.68 ± 0.41 c	1.42
Yeso + Estiércol	54.17 ± 0.017 a	1.84 ± 0.00 c	41.24 ± 0.82 b	1.29
Estiércol	55.65 ± 0.05 a	2.40 ± 0.00 a	38.44 ± 0.03 c	1.50
Testigo	49.55 ± 1.15 b	1.96 ± 0.00 b	46.78 ± 0.29 a	1.30
	L. <i>lanceolata</i>			
Yeso	59.9 ± 0.39 a	1.81 ± 0.07 b	42.10	0.86
Yeso + Estiércol	55.02 ± 0.93 b	1.80 ± 0.01 b	42.2	1.02
Estiércol	52.34 ± 0.88 c	2.07 ± 0.12 a	37.2	0.96
Testigo	60.13 ± 0.41 a	2.33 ± 0.14 a	37.4	1.42

Letras iguales en la misma columna no son diferentes significativamente ( $P \leq 0.05$ );  $\pm$  es el error estándar

Para la concentración de FND en el guaje, los tratamientos superiores fueron yeso + estiércol y estiércol, aventajando un 11% al testigo, que fue estadísticamente inferior, y a su vez éste superó al de yeso; en el guajillo ocurrió algo diferente, donde los tratamientos que en el otro genotipo se comportaron bajos, en éste fueron los más altos, siendo el testigo y el yeso iguales estadísticamente, pero rebasando al yeso + estiércol, que a su vez aventajó al estiércol solo. Es notorio el hecho de que hubo en general un mayor contenido de FND en guajillo (media de 56.84%) que en guaje (51.22%).

El porcentaje de N en FND en el guaje se incrementó cuando se aplicó estiércol, presentado un aumento del 20% respecto al testigo, que fue igual estadísticamente que el tratamiento con yeso, siendo éstos superiores al yeso + estiércol en un 7%. En el guajillo los mejores tratamientos fueron testigo y estiércol, que aventajaron estadísticamente a los otros dos en un 22%. El N ligado a la FND se comportó muy semejante en los dos genotipos.

En el porcentaje de FAD en el guaje se redujo un 13% en el tratamiento de yeso + estiércol respecto al testigo, resultando diferentes estadísticamente y superior este último a los otros tratamientos en un 5%; el contenido de FAD en el otro genotipo no presentó diferencias significativas.

Los dos genotipos de leucaena que se establecieron como banco de proteínas, no presentaron problemas severos en cuanto al ataque de plagas y enfermedades, ya que únicamente se tuvo presencia de algunos daños ocasionados por hormigas y pequeños insectos masticadores del follaje, los cuales fueron más visibles en la *Leucaena leucocephala*, ya que en la *Leucaena lanceolata* no se presentó ataque.

### 4.3. DISCUSIÓN

El efecto del yeso en el guaje propició mayor altura, diámetro y peso seco de las plantas. En el caso del guajillo, para el mismo tratamiento, se presentó un comportamiento similar, ya que disminuyó el efecto de la salinidad. Estos resultados están de acuerdo con Richards (1982), que reporta el efecto benéfico del yeso para la recuperación de suelos.

El contenido de nitrógeno solamente se vio incrementado más en el guajillo que en el guaje, principalmente cuando se aplicó yeso + estiércol, lo cual muestra una interacción, posiblemente por la descomposición de la materia orgánica, lo cual coincide con los resultados de Shaimberg y Oster (1978).

El contenido de fósforo se incrementó en un 24% en el guaje y en un 54% en el guajillo, cuando se aplicaron 5 toneladas de yeso/ha, lo cual muestra una mayor disponibilidad del fósforo en el suelo por efecto de la acidificación del mismo. Esto concuerda con los datos aportados por Fassbender (1978).

El contenido de potasio dentro de la planta se incrementó en el guaje cuando se aplicaron los tratamientos de yeso y yeso + estiércol, lo que indica que este elemento es liberado o bien el calcio y los ácidos orgánicos derivados de la descomposición de la materia orgánica disminuyen la entrada del sodio, que compite con algunas funciones fisiológicas de la planta. También los componentes de estos tratamientos disminuyen la denominada RAS (Relación de Absorción de Sodio); estos resultados están de acuerdo a los encontrados por Becerra (1998); en cambio, el guajillo no presentó ninguna alteración en el contenido de potasio por efecto de los tratamientos probados, posiblemente debido a que es una planta que puede estar más adaptada a las condiciones de salinidad, ya que el fenómeno

fue inverso, es decir los tratamientos de yeso, estiércol y las mezclas tendieron a disminuir este contenido (Ortega, 1983).

El contenido de calcio en el forraje de hoja y tallo del guaje se incrementó en con el efecto del tratamiento de yeso + estiércol, debido a la existencia de una mayor cantidad de calcio disponible en los suelos; aunque en el caso del guajillo la concentración de calcio disminuyó cuando se aplicaron los tratamientos de yeso y/o estiércol por ser una planta autóctona y al desbalance de los iones calcio. Estos resultados pueden ser debidos a la influencia de los iones divalentes como el calcio que le imparten propiedades favorables al suelo según Shainberg y Oster, (1978).

El contenido de sodio en el guaje se redujo con las aplicaciones de yeso y/o estiércol, lo cual muestra la bondad de estos tratamientos para disminuir el efecto de la salinidad. En las plantas de guajillo, en cambio, la aplicación de yeso provocó un ligero aumento en la planta, sin embargo cuando se aplicó estiércol y/o yeso no fue así, ya que disminuyó; ésto concuerda con los resultados citados por Richards (1982).

En el guaje el contenido de FND y FAD se redujo por efecto del yeso, debido a que este tratamiento pudo provocar una disminución del estrés salino y se produjeron plantas menos fibrosas, debido a que las plantas sometidas a estrés salino tienden a la formación de tejidos más suculentos y turgentes resultados similares reportó Becerra, (1999) con plantas de *Rhynchosia m.* sometidas diferentes concentraciones de sales de sodio.

En el guajillo el contenido de FND se redujo cuando se aplicó estiércol; y en cuanto al contenido de FAD no presentó diferencias, lo cual indica que esta planta condiciones salinas le es más favorable un abonado que el mejoramiento del suelo. Resultados que puede ser debido a que las plantas sometidas a estrés

tienden a incrementar sus tejidos vasculares como los compuestos lignocelulósicos, según Azcón-Bieto y Talón (1996)

En cuanto al contenido de nitrógeno en FAD no hubo efectos por los diferentes tratamientos en ambas plantas, lo cual puede indicar que el abonado con materiales orgánicos puede incrementar el contenido de la proteína de sobrepaso.



#### 4.4. CONCLUSIONES

1. La producción de biomasa forrajera en el guaje y el guajillo desarrolladas en condiciones de salinidad se favoreció solamente con aplicación de  $\text{CaSO}_4$ .
2. Los contenidos de N, P, K, Ca y Na del guajillo y guaje presentaron variaciones, aunque algunos de estos nutrimentos se vieron favorecidos por la aplicación de los mejoradores de suelo empleados.
3. La calidad nutricional del guajillo y guaje mejoró con la aplicación de  $\text{CaSO}_4$ , haciendo una reducción en el contenido de FND y FAD; con la aplicación de estiércol, el contenido en ambos genotipos de nitrógeno adherido a las fracciones de la fibra (FND y FAD) se incrementó.
4. El guajillo presentó mejor calidad forrajera que la *Leucaena leucocephala*, por su mayor contenido en N y P, por lo que puede ser una alternativa más para la producción de leche o carne en los rumiantes desarrollados en el trópico seco-salino.

## V.- LITERATURA CITADA

- Aceves, N. E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego (Identificación, control, combate y adaptación). 1ª ed. Edit. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 382 pp.
- Adejumo, J. O. y Ademosun, A. A. 1991. Utilization of *Leucaena* as suplement for growing dwarf sheeps and goats in the humid zone of West Africa. Small Ruminant Res. 5 (1,2): 75-82.
- Aguilera, C. M. y Martínez, R.M. 1980. Relaciones Agua - Suelo - Planta - Atmósfera. 2a ed. Universidad Autónoma Chapingo, México. 321 pp.
- Aguirre, H. A. 1993. Adaptación de seis genotipos de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) a la salinidad. Tesis de Maestría. U.A. Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. 107 pp.
- Alniemi, T. S., Campbell, W. F. y Rumbaugh, M. D. 1996. Response of alfalfa cultivars to salinity during germination and post germination growth. Crop Sci. 32(4): 976-980.
- Altieri, M. 1983. Agroecología: las bases científicas de la agricultura alternativa. 1ª Ed. División de Control Biológico. Universidad de California. Berkeley, California, USA. 170 pp.
- American Public Healt Association. 1992. Standard methods of analytical water. 18ª Ed. APHA-AWWA-WPCF. Washington, D.C.: 257-265.

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> edition. Edit. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA. 2 vols. 1298 pp.
- Argel, P. 1996. Contribución de las leguminosas forrajeras tropicales a la producción animal en sistemas semi-intensivos de pastoreo. En Memoria Pastoreo intensivo en zonas tropicales. Primer Foro internacional. FIRA. Veracruz, Ver., México.
- Avendaño, J. 1996. Bases para la utilización intensiva de pasturas tropicales. En Memoria Pastoreo intensivo en zonas tropicales. Primer foro Internacional FIRA. Banco de México. Veracruz, Ver.: 1-15.
- Avendaño, J. 1997. Pastoreo intensivo tecnificado: alternativa para la engorda de bovinos a bajo costo. En Memorias del foro internacional sobre la ganadería bovina de carne. FIRA. Monterrey, N.L., México.
- Ayers, R. S. y Westcot, D. W. 1987. La calidad del agua y su uso en la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje 29. 1<sup>a</sup> Ed. Trad. del Inglés por J. F. Alfaro. Editorial FAO. Roma, Italia. 174 pp.
- Azcón, B. J. y Talón, M. 1996. Fisiología y bioquímica vegetal. 1<sup>a</sup> edición. Ed. Limusa S.A. México, D. F. 345 pp.
- Baumer, M. 1992. Trees as browse and to support animal production. In Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Edit. Speedy, A. y Pugliue, P. L. FAO. Rome. 1-10.

- Becerra, B.E., 1993. Producción de forrajes en suelos ácidos de los trópicos secos. Estrategias para su manejo. En Agrotecnia, Ecología y Pastoreo de Rumiantes en los Trópicos". U.A.N. Facultad de Agricultura, Xalisco, Nayarit. Sin paginación.
- Becerra, B. E., 1997. Apuntes de nutrición vegetal. Facultad de Agricultura Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit. 40 pp.
- Becerra, B. E., 1997. Apuntes sobre fisiología del estrés a salinidad y sequía en plantas forrajeras. Facultad de Agricultura Universidad Autónoma de Nayarit. 35 pp.
- Becerra, B. E. 1998. Interacción del *Rhizobium-frijolillo* bajo condiciones de salinidad y potenciales de humedad en Nayarit. En Avances de investigación PICP. Universidad de Colima. Manzanillo, Colima.
- Becerra, B. E., 1999. Efecto de la salinidad y sequía en la productividad, calidad forrajera, nodulación y contenido nutrimental del frijolillo (*Rhynchosia minima* L. (DC)). Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nayarit. Facultad de Agricultura. Xalisco, Nayarit. 142 pp.
- Becerra, B. E. y Becerra, B. A. 1992. Correlación de métodos de análisis de suelos en relaciones suelo-agua para la evaluación de sales en el cultivo de frijol. III Reunión científica forestal y agropecuaria. INIFAP Nayarit.
- Becerra, J. 1986. Leguminosas forrajeras tropicales. En Actualización sobre producción de forrajes en la costa del Pacífico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Coordinación Zona Pacífico, área Pecuaria. Campo Experimental Pecuario "El Macho", Tecuala, Nay. México. Sin paginación.

- Benavides, J. E., 1994. Follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) y fruto de Musáceas como suplemento para rumiantes menores en estabulación. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Compilado y ed. por Jorge Evelio Benavides CATIE. Serie técnica. Informe técnico N° 236. Costa Rica. 341-356.
- Berstein, L. y Ogata, G. 1969. Effects of salinity on nodulation, N and growth of soybeans and alfalfa. *Agron J.* 58: 202-210.
- Besford, R. T. 1978. Effect of sodium in the nutrient medium on the incidence of potassium deficiency symptoms in tomato plants. *Plant and Soil* 50: 427-432.
- Betancourt, J. R.; Eguiarte, V. J. y Becerra, B. J. 1987. Comparación de alturas y frecuencias de corte en *Leucaena* con dos densidades de siembra. INIFAP. Reunión de investigaciones pecuarias en México. 179-180.
- Brewbaker, J. L. 1976. The woody legume *Leucaena*: promising source of feed, fertilizer and fuel in the tropics. En Memoria Seminario Internacional de Ganadería tropical. FIRA. Acapulco, Gro. México: 13-27.
- Brewbaker, J. L. 1986. Leguminous trees and shrubs for shoutheast Asia and South Pacific. In Proceeding of workshop on forages in Southeast Asia and South Pacific Agriculture, August 19-23, 1985, Cisarua, Indonesia. Australian Center for International Agricultural Research. Canberra, Australia. Asian Proceedings No. 12.: 43-50.
- Buckman, H. O. y Brady, N. C. 1985. Naturaleza y propiedades en los suelos. 3ª edición. Ed. limusa UTEHA, México, D.F. 446 pp.

- Budowski, G. 1977. Sistemas agro-silvo-pastoriles en los trópicos húmedos. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 29 pp.
- Budowski, G. 1990. Agroforestería en Costa Rica y su relación con el manejo de suelos. Conferencia Universidad de Costa Rica. 5 pp.
- Bustamante, J. y Romero, F. 1991. Producción ganadera en un contexto agroforestal: Sistemas agropastoriles. Carta de Rispal. No. 20 Turrialba, Costa Rica.: 3-11.
- Cáceres, O.; González, E. y Delgado, R. 1996. Valor nutritivo de follajes de árboles y arbustos tropicales. I. *Aralia* (*Polyscias Guilfoyle Bailey*). Revista de la Est. Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey; Matanzas, Cuba. 1 (19): 93.
- Casey, N. L., 1992. Salinity Problems in Arid Land Irrigation: A Literature Review and Selected Bibliography. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 19: 77-89.
- Castillo, E; Ruiz, T; Puentes, R. y Lucas, E. 1989. Producción de carne bovina en área marginal con guinea (*Panicum maximum* Jacq.) y *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*). I: Comportamiento animal. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 23: 137-142.
- Castillo, E; Ruiz, G; Ramírez, R; Puentes, E; y Bernal, G. 1993. Utilization of *Leucaena* for beef production under protein bank feeding systems. *Cuban Journal of Agricultural Science* 27: 37-42.
- Chapman, D. H. y Pratt, P. F. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. 1ª ed. Trad. por Agustín Contin. Edit. Trillas. México, D.F. 220 pp.

- Clavero, T. 1996. Las leguminosas forrajeras arbóreas: sus perspectivas para el trópico americano. En leguminosas forrajeras arbóreas en agricultura tropical. Ed. Tyrone Clavero. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela.: 49-63.
- Clavero, T. J.; Obando, O., y Van Praag, R. 1996. Efecto del la suplementación con *Gliricidia sepium*, en vacas lecheras en producción. Revista Pastos y Forrajes Indio Hatuey; Matanzas, Cuba. 1 (19): 89-101.
- Carrizales, G. A. 1996. Pastoreo intensivo tecnificado en zonas tropicales. En Memorias del XX Congreso Nacional de Buiatría. México D. F.: 319-325.
- Combe, J. y Bubowski, G. 1979. Classification of traditional agroforestry techniques in workshop on traditional agroforestry systems in Latin America. Ed. por De Las Salas, G. Turrialba, C.R., CATIE. 171-178.
- Corbea, L. A. 1994. Importancia y factibilidad del empleo de leguminosas en los sistemas ganaderos de América Latina y el Caribe. En Memoria VII Reunión de avances en investigaciones agropecuarias trópico 94 Colima, Col. México.: 170-178.
- Cramer, G. R., 1989. Ca-Na interaction in barley seedlings: Relationship to ion transport and growth. Plant Cell & Environ. 12: 551-558.
- Cramer, G. R., J. Lynch, A. Lauchli, and E. Epstein. 1987. Influx of Na, K and Ca into roots of salt stressed cooton Plant Physiol. 83: 510-516.
- Crespo, G. Arteaga, O. Hernández y Rodríguez, I. 1995. Mantenimiento de la fertilidad de los suelos ganaderos sin la participación de los fertilizantes químicos. En Seminario Científico Internacional, XXX Aniversario Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.: 50-54.

- Chen, C. P; Halim, R. A. y Chin, F. 1992. Fodder trees and fodder shrubs in range and farming system of the Asia and Pacific region. Edit. Speedy, A y Pugliue P. L. En legume FAO. Rome. 9-18
- Chongo, B. y Galindo, J. 1995. Bases fisiológicas del uso de las leguminosas en Cuba. En Seminario científico internacional, XXX Aniversario Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.: 73-75.
- D'Mello, J. P. F. y Acamovic, T. 1989. *Leucaena leucocephala* in poultry nutrition. A review. *Animal Feed Science and Technology*. 26(1-2): 1-28.
- Eaton, F. M. 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Sci*. 69: 132-133.
- Eguarte, J. A; Betancourt, R. y Herrera, R. 1986. Potencial forrajero de la *Leucaena leucocephala* en el trópico seco. . En Actualización sobre producción de forrajes en la costa del Pacífico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Coordinación Zona Pacífico, área Pecuaria. Campo Experimental Pecuario "El Macho", Tecuala, Nay. México. Sin paginación.
- Escobar, A. 1996. Estrategias para la suplementación alimenticia de rumiantes en el trópico. Leguminosas forrajeras arbóreas en agricultura tropical. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. 49-63.
- Esnaola, M. y Ríos, C. 1994. Hojas de poró *Erythrina poeppigiana* como suplemento proteico para cabras lactantes. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Compilado y ed. por Jorge Evelio Benavides CATIE. Costa Rica. 283-294.



- Fassbender, W. H. 1978. Química del suelo. 1ª ed. Edit. I.I.C.A. Costa Rica. 345 pp.
- Skerman, P. J.; Cameron, D. G. y F. Riveros. 1991. Leguminosas Forrajeras Tropicales. 1ª. ed. Edit. FAO. Colección Producción y Protección Vegetal No. 2. Roma, Italia. 663pp
- Fernández, I. y Simón, L. 1994. Razones para emplear plantas perennes leñosas en la ganadería vacuna. En Taller internacional de sistemas silvopastoriles en la producción ganadera. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey; Matanzas, Cuba. 44 pp.
- Febles, G; Ruiz, T. y Simón, L. 1996. Consideraciones acerca de la integración de los sistemas silvopastoriles a la ganadería tropical y subtropical. Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Ed. Tyrone, Clavero. Universidad de Zulia, Maracaibo; Venezuela. 91-99.
- Figuroa, V. U., Baca, C. G. y Martínez, G. A. 1991 Acumulación del Cl, Na, Ca, K y Mg en variedades de portainjertos de pistache (*Pistacia spp.* Anacardiáceas), sometidos a diferentes condiciones de salinidad, agua-clima-suelo. Revista Agrociencia. Colegio de posgraduados. Montecillos, México. 12: 149-161.
- Fraga, L; Valdivie, M. y Rodríguez, C. 1992. A note on the use of *Leucaena leucocephala* leaves en broiler diets. Cuban Journal of Agricultural Science. 26(3): 283-285.
- Franco, A. A. and Day, J. M. 1980. Effects of lime and molibdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. Revista Turrialba, Costa Rica. 30 (1): 99-105.

- Galina, H. M. A. 1995. Contaminación, Realidad del Siglo XX. Sistemas Pecuarios Biosostenibles Realidad o Utopía. En Mem. VIII Reunión de Avances en Investigaciones Agropecuarias. Univ. Aut. Aguascalientes PICP. Aguascalientes, Ags.: 143- 163.
- Galina, H. M. A. y Palma, G. J. M. 1992. Energía. En Capitulo II. Caprinotécnica. FES- Cuautitlán. UNAM. México: 10-24.
- García, E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México D.F.
- González, A; Eguiarte, J. A; Martínez, R; Rodríguez, M.R. 1996. Adaptación y producción de gramíneas forrajeras en Jalisco, México. Pasturas tropicales 18 (2). 30-35.
- González, E. L. A. y E. Riquelme V. 1983. Efecto de la salinidad del suelo sobre la producción y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras de clima templado. En Res. Reunión Asoc. Mex. Prod. Animal 83. Aguascalientes, Ags.: 5.
- Ghosh, T. K; Dey, A. y Samanta, A. 1990. Nutritive value of subabul (*Leucaena leucocephala*) seeds in goats. Indian Journal of Animal Nutrition. 7(2): 147-150.
- Godoy, G. C. 1985. Cultivo In Vitro de Órganos Florales de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit (Huaxin). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Gutiérrez, A. J. L., 1991. Nutrición de rumiantes en pastoreo. 1ª ed. Edit. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih.: 39-43.

- Gutteridge, R. C. y Shelton, H. M. 1994. The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. En Gutteridge, R.C y H. M. Shelton (Eds.) Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, U. K. CAB International. Queensland, Australia.: 3-14.
- Guevara, H. F. y Herrera H. O. B. 1995. Evaluación de leguminosas coberteras en el sistema roza-tumba-quema en la Esmeralda, Santa María Chimalapa, Oaxaca, México. Tesis Profesional. Programa Interdepartamental de Docencia, Investigación y Servicio en Agroecología. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 95 pp.
- Hach., 1998. System for food. Feed and beverage analysis. Procedure manual. Literature code N<sub>o</sub> 312. Hach Co., USA. 153 pp.
- Harris, L. E. 1970. Métodos para el Análisis Químico y la Evaluación Biológica para Animales. Ed. por Center for tropical agriculture feed composition project. University of Florida. Gainesville, Florida 32601 USA.
- Hamilton, W. T. 1985. Buffelgrass: brush management fire. In Buffelgrass: adaptation, management and forage quality. Tex. Agr. Exp. St.: 39-52.
- Hanselka, C. W. 1985. Grazing management strategies for Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). In Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality. Tex. Agr. Exp. St.: 53-65.
- Hernández, I. y Simón, L. 1993. Los sistemas silvopastoriles: empleo de la agroforestería en las explotaciones ganaderas. Rev. Pastos y Forrajes. Indio Hatuey; Matanzas, Cuba. 16: 98-111.

- Hodgson, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. In Hacker, J. B (ed.). Nutrition limits to animal production from pastures. 1ª ed. Commonwealth agricultural bureaux. Farnham Royal. U.K.: 153-166.
- Ibarra, R. P. 1984. Efecto de tres métodos de rehabilitación integrados sobre la salinidad y sodicidad de un suelo afectado en el Distrito de riego No. 86 de Abasco, Tamps. Tesis Fac. Agron. U.A. Tamps. 120 pp.
- INEGI. 1994. Cuaderno Estadístico Municipal, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Nayarit.
- Islas, R. H. J. *et al.*, 1997. Avances de Investigación Agropecuaria Trópico 97. Programa Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. Colima, Col. México.
- Ibarra, F. F.; J. R. Cox y M. Martín R. 1991. Efecto del suelo y clima en el establecimiento y persistencia del zacate Buffel en México y Sur de Texas. En Res. Simp. Int. Zacate Buffel. VII Congr. Nal. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamps.: 14-28.
- Joaquín, A.J. 1996. Cambios de pesos de toretes y del perfil de rebrote de una pradera de estrella (*Cynodon plectostachyus*), en pastoreo rotativo con diferentes tiempos de ocupación. Tesis Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.: 1-15.
- Jordán, H. 1991. Las leguminosas tropicales para la ceba de bovinos en pastoreo. En IV Reunión de avances agropecuarios Trópico 91. Universidad de Colima, México.: 229-260.

- Jordán, H. 1992. Importancia de las Leguminosas en el Trópico. En Memorias Reunión de avances de investigación agropecuaria, Trópico 92, Colima, México.: 110-116.
- Jordán, H; Cino, D. M. y Roque, A. 1995. A note on the behavior of dairy cows in protein banks of *Leucaena leucocephala* during the dry period. Cuban Journal of Agricultural Science 29 (1): 19-22.
- Jordán, H; Góngora, H y Roque, A 1989. Estudio del comportamiento de la vaca lechera en bancos de proteína de *Leucaena leucocephala*. 1. Manejo para controlar el consumo de la leguminosa. Rev. Cubana Cienc. Agric. 23:236-241
- Kass, J; Benavides. J; Romero, F. y Pezo, D. 1992. Lessons from main feeding experiments conducted at CATIE using Fodder trees as part of the N-ration. In Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Edit. Speedy, A. y Pugliue, P. L. FAO. Rome.: 171-175.
- Kibria, S. S.; Nahar, T. N. y Mia, M. M. 1994. Tree leaves as alternative feed resource for black bengal goats under stall-fed conditions. Small Ruminant Research. 13:3 (27): 217-222.
- Kovda, V. A. 1968. Irrigation, Drainage and Salinity. 1ª ed. UNESCO, FAO. París.: 456 pp.
- Kovda, V. A.; Yaron, B., 1973. Quality of irrigation water. En Kovda, V. A.; C. V. Den Berg and R. M. Hagan (Eds). Irrigation, drainage and salinity., HUTCHINSON/FAO/UNESCO. Rome, Italy.: 177-205.
- Kumar, D.; Chawan, R. P. S. and Singh, R. V., 1981. Salt tolerance of some induced mutants of hd-2009 wheat. Indian J. Agric. Sci. 57: 475-479.

- Langdale, G. H.; Thomas, J. R. and Littleton, T. G. 1973. Nitrogen metabolism of stargrass as affected by nitrogen and soil salinity. *Agron. J.* 65: 468-470.
- Lauchli, A. and Bielecki, R. L. 1983. *Inorganic plant nutrition*. 1ª ed. Berlin Heidelberg, New York: 10-15.
- Limcangco-López, P. D. 1989. The use of shrubs and tree fodders by non ruminants. *Shrubs and tree fodders for farm animals. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia.* (Edited by Devendra, C). International development research centre. Ref. 45 No. (276) 61-75.
- Low, P. F. and Margheim, J. F. 1979. The swelling of clay. 1. Basic concepts and empirical equations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 473-481.
- Luna, L. J. A. y Arce, O. H. F. 1992. Ensayo para el aprovechamiento del rastrojo de maíz y soca de sorgo en ganado bovino. Tesis profesional. Facultad de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Madueño, M. A. 1998. Evaluación del ajuste de osmoprotección de frijolillo [*Rhynchosia minima* (L) DC] bajo condiciones de salinidad y sequía. En VI seminario de evaluación de avances de investigación. PICP. Universidad de Colima. Manzanillo, Colima.
- Maas, E. V. and Grieve, C. M. 1987. Sodium-induced calcium deficiency in salt stressed corn. *Plant Cell and Environment*. 10: 637-639.
- Maas, E. V. and Hoffman, G. J. 1977. Crop salt tolerance. Current assessment. *J. Irrig. and Drainage*. Div. ASAE 103: 115-134.

- Mass, E. V., and Nieman, R. H., 1978. Physiology of plant tolerance to salinity. *Ann. Soc. Agron. Spec. Publ.*: 277-299.
- Magistad, O. C. 1945. Plant Growth Relations on Saline and Alkali Soils. *Bot. Rev.* 11: 181-230.
- Manidol, C. 1984. Sylvo pastoril system in Thailand. *In* International Symposium on pastures in the tropics and subtropics. *Tropical Agriculture Research series No. 18*: 187-194.
- Maliway and Suturia, P. M. 1992. Salt tolerance in wheat. *Indian J. Plant physiol.* 35(3): 258-261.
- Mendoza, G. 1996. Suplementación nitrogenada para bovinos en crecimiento. *En* Memoria curso internacional avanzado de nutrición de rumiantes: Suplementación en pasturas: 177-194.
- Menéndez, J. y Castellón, J. L. 1996. Colecta de especies arbustivas forrajeras en México. *Revista de la estación experimental de pastos y forrajes. Indio Hatuey, Matanzas, Cuba.* 2:19. 15-31.
- Menéndez, T. M. 1984. Producción de materia seca y calidad de 17 zacates de pastoreo bajo condiciones de riego en Aldama, Tamps. *En* Simposium sobre Ganad. Trop. XX Aniv. Inv. Pec. Aldama.: 11.
- Milera, M. 1992. Sistemas de producción de leche con bajos niveles de insumos. *En* V Reunión de avances de investigación agropecuaria Trópico 92. Manzanillo, Colima, Col. México.: 94-101.

- Milera, M. e Iglesias, J. 1996. Los sistemas silvopastoriles para la producción bovina. En IX Reunión de avances en investigación agropecuaria Trópico 96. Manzanillo, Col. México.: 131-136.
- Minson, D. 1991. Composición química y valor de las leguminosas tropicales. Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. Roma, Italia.: 210-221.
- Mirsa, J. L. and Tariq, R. 1993. The growth and nodulation of *Trifolium alexandrinum* as affected by salinity. J. of plant nutrition 16(5): 825-833.
- Morales, C.; Cusidio, R. M.; Palazon, J. and Bomfil, M. 1993. Response of *Digitalis purpurea* plant to temporary salinity. J. Plant nutrition 16(2): 327-335.
- Munns, D. N. 1965. Soil acidity and growth of a legume. II. Reactions of aluminium and phosphate in solution and effects of aluminium, phosphate, calcium, and pH in solution culture. Aus. J. Agric. Res. 16: 743-755.
- Munns, D. N. 1968. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. I. Acid-sensitive steps. Plant soil 28: 129-146.
- Munn, R. 1988. Why measure osmotic adjustment? Aust. J. Plant Physiol. 15: 717-726.
- Murillo, F. J. 1998. Efecto de un sistema de pastoreo intensivo tecnificado móvil sobre la respuesta de una pradera tropical de estrella, bermuda y guinea con bovinos de engorda. IV Seminario de Investigación. PICP. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Colima, México. Mecanógrafo. Sin paginación.



- National Academy of Sciences. 1977. *Leucaena* promising forage and tree crop for the tropics. 1ª ed. National Academy of Sciences. Washington, USA.
- Niembro, A. 1986. Arboles y Arbustos útiles de México. 1ª ed. Edit. Limusa. México, D.F.: 3-97.
- Noyola, I. H. 1975. Salinidad agrícola. Tesis profesional. E. N. A. Chapingo, México.
- Oakes, A. 1968. *Leucaena leucocephala*, description, culture, utilization. Advancing frontiers of plant science. New Delhi, India. 20: 1-114.
- Ojeda, F. 1996. Los árboles forrajeros para la producción de leche. Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Ed. Tyrone, Clavero. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela.: 81-90.
- Ortega, E. M. 1983. Algunos aspectos teóricos de carácter geoquímico, físico químico y químico involucrados en la génesis de los suelos de salinidad sódica. Documento interno Colegio de Postgraduados. Centro de Hidrociencias. C. P. Chapingo, México.: 65 pp.
- Ortega, E. M. 1984. Apuntes de salinidad de suelos. Colegio de posgraduados. Centro de Hidrociencias. Chapingo, México.
- Ortega, E. M. 1993. Causas de ensalitramiento y sus efectos sobre los suelos. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- Ortega, H. J. L. 1989. Nuevas tecnologías y alternativas para el manejo de aguas residuales. En Quadri de la Torre, G (comp.). Aguas residuales de la zona metropolitana de la ciudad de México. Centro de Hidrociencias. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Méx.: 69-88.

- Ortega, M. R. F.; Gutiérrez, C. M. A. y Bórquez, O. R. 1991. Comportamiento de cuatro genotipos de trigo (*Triticum* sp.) bajo diferentes condiciones de tensión salina. En Mem. XXIV Congr. Nal. Soc. Mex. C. Suelo. Pachuca, Hgo.: 158.
- Ortega, T. E. 1981. Química de Suelos. 1ª ed. Edit. Patena. U.A. Chapingo.: 417.
- Ortiz, V. B. 1977. Edafología. 1ª ed. Edit. Patena, Chapingo, Méx.: 234 pp.
- Osorio, M. 1996. Manual de producción bovina de doble propósito (leche y carne) en el trópico. Volumen número 1.: 18-33.
- Oster, J. D. and Schroer, F. W. 1979. Infiltration as influenced by irrigation in water quality. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 444-447.
- Palacios, S. E. 1986. Evaluación de 19 variedades de trigo y especies tolerantes a la salinidad bajo condiciones controladas en Sonora. En Avances de la Investigación. SARH- CIANO. 19: 52-53.
- Palma, J. M. 1993. Leguminosas arbóreas, recurso potencial para la alimentación animal en el trópico. En Memorias del curso Agrotecnia, ecología y pastoreo de rumiantes en los trópicos. UAN. Tepic, Nay., México: 123-134.
- Palma, J. M. 1996. Guía sobre aspectos básicos del manejo de praderas tropicales. Universidad de Colima. Colima, México.: 4-21
- Palma, J. M; Delgado, C; Rodríguez, A. y Aguirre, M. 1995b. Composición química y digestibilidad de tres leguminosas arbóreas. En 1er. Simposium estatal de ciencia y tecnología. Univ. de Colima. México.: 6.

- Palma, G. J. M.; Pérez-Guerrero, J.; Galina, H. M. y Román, L. 1995a. Efecto de altura de poda en *Gliricidia sepium* para la producción de forraje. En Memoria de la VIII reunión de avances en investigaciones agropecuarias. Aguascalientes, Ags.: 2-7.
- Peralta, M. A. 1980. Características agronómicas y contenido de mimosinas en 30 ecotipos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. en Yucatan. Agric. Técnica en México 6(2): 129-135.
- Pérez-Guerrero, J. 1979. *Leucaena*, leguminosa tropical mexicana. Usos y potencial. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de investigación y de enseñanza en Zootécnica. Chapingo, México.: 6-39.
- Pérez-Guerrero, J. 1983. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo de *Leucaena* y leguminosas rastreras. En Res. XVII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Aguascalientes, Méx.: 39.
- Pérez-Guerrero, J. 1992. El género *Leucaena* en el estado de Colima. Aspectos etnobotánicos. En III Reunión Nacional de Investigaciones etnobotánicas en selva baja caducifolia de México. Universidad de Colima, Col, México.: 24-26.
- Pezo, D. e Ibrahim, M. 1996. Sistemas silvopastoriles, una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. En Memoria pastoreo intensivo en zonas tropicales. 1er foro internacional. FIRA. Veracruz, Ver. México.: 1-34.
- Polinov, P. P.; Kovda, V.A. 1960. Clasificación de suelos de acuerdo con el grado de calidad de la salinidad en la relación con la resistencia de las plantas. Revista de Botánica comentada por el Dr. Manuel Ortega E.

- Preston, T. R. 1992. The role of multi-purpose trees in integrated farming systems for the wet tropics. *In* Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. FAO. Rome, Italy.: 193-209.
- Preston T. R. 1995. Tropical Animal Feeding. A Manual for Research Workers. 1ª ed. FAO. Animal Production and Health Paper 126. Rome, Italy.: 305 pp.
- Programa nacional de aprovechamiento de aguas residuales. 1986. Documento central, I.M.T.A, ( Inst. Mex. de Tec. del agua ). SARH, Jilotepec, Mor, México.
- Pupisky, H. and Shainberg, I. 1979. Salt effects con the hydraulic conductivity of a sand soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 429-433.
- Quirk, J. P. and Schofield, R. K. 1955. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. *J. Soil Sci.* 6: 163-178.
- Quirk, M.; Paton, C. y Bushell, J. 1990. Increasing the amount of *Leucaena* on offer gives faster growth rates of grazing cattle in South East Queensland. *Australia Journal of Experimental Agriculture* 19(30): 51-54.
- Ramírez, A. C.; Ortega, E.M. y Vázquez, E.A. 1986. Evaluación de las reservas de sales en suelos salinos en extracto de saturación y en relación suelo-agua 1:5. *Revista Tierra. Soc. Mex. de la Ciencia de Suelo* 4(2): 137-144.
- Ramos, S. A. 1985. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de forrajes en zonas tropicales y subtropicales. *Public. Esp. No.* 117. SARH-INIA. Méx.: 30 pp.

- Reyes, J. J. E. 1982. Evaluación del pasto Buffel bajo tres cargas animal. En Res. XVI Reunión Asoc. Mex. Prod. Anim. Chapingo, Méx.: 67.
- Richards, L. A. 1975. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos, Trad al español por N. Sánchez D, E Ortega T, R Vera Z y R Chena G. Título original en inglés: Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. USDA. Handbook 60. Edit. Trillas S. A. México.
- Richards, L. A. (ed.) . 1982. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. USDA, Rama de Inv. sobre Conserv. Suelo y Agua. 6a. Ed. Edit. Limusa. México. p-172
- Rivera, V. E. y Medina, M. E. J. 1991. Respuesta de materiales de zacate Buffel a las bajas temperaturas en el Norte de Coahuila. En Mem. VII Congr. Nal. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamps.: 45.
- Rhoades, J. D. 1982. Soluble Salts. In Methods of soil analysis. Ed. A.L. Page; R.H. Miller y D.R. Kenney. Agronomy Monograph 9. Part. 2. 2nd Ed. ASA Madison, Wis.: 167-179.
- Rhoades, J. D. and Halvarson, A.D. 1977. Electrical conductivity methods for detecting saline seeps and measuring salinity in northern great plains soils. Agricultural Research Service. USDA- ARSW FAO. Rome. Bulletin. 31:42-109.
- Rodríguez, P. C; Eguiarte, V. J; Rodríguez, R. R. y Martínez, P. R. 1986. Comparación de tres alturas de corte en la producción de forraje de *Leucaena leucocephala* en el sur de Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). En Res. Reunión de Investigaciones Pecuarias en México.: 9.

- Rodríguez, Z; Benavides, J; Chávez, C. y Sánchez, G. 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con follaje de madero negro (*Gliricidia sepium*) y poró (*Erythrina poeppigiana*) y suplementadas con fruto de plátano pelipita (*Musa* sp. Cv pelipita). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Compilado y ed. por Jorge Evelio Benavides CATIE. Costa Rica.: 294-304.
- Román, M. L. 1997. Determinación de altura óptima inicial al pastoreo en un banco de proteína de *Leucaena leucocephala* para ovinos. Tesis de maestría. Universidad de Colima. Colima, Col.: 14-19.
- Román, M. L. y Palma, J. M. 1996. Especies de importancia melífera en el estado de Colima. En IX Reunión de avances en investigación agropecuaria. PICP. Manzanillo, Colima.: 97-104.
- Rone, P. J. L. 1993. Calidad del agua de riego. Interpretación de sales y elementos menores. En Primer Diplomado Ingeniería de riego. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 45 pp.
- Rubio, T. J. C. 1992. Efecto del nivel de concentrado y de la suplementación proteica sobre la ingestión de paja tratada con amoniaco y los rendimientos productivos en ovejas gestantes y lactantes. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza, España. 290 pp.
- Rubio, T. J. C. 1993. Efectos de la suplementación con proteína de baja degradabilidad en rumen sobre la ingestión voluntaria de forrajes y el comportamiento productivo de rumiantes en estado final de gestación. En Agrotecnia, Ecología y Pastoreo de Rumiantes en los Trópicos. U.A.N. Facultad de Agricultura, Xalisco, Nayarit. Sin paginación.

- Rubio, T. J. C. y C. Castrillo G. 1995. Alternativas alimenticias para los rumiantes en las épocas secas . Revista de investigación. Universidad Autónoma de Nayarit 2: 41-67.
- Ruiz, J. 1996. Evaluación del establecimiento de bancos de proteína de *Leucaena leucocephala* en el municipio de Comala, Colima, México. Tesis PICP. Universidad de Colima.: 7-12.
- Ruiz, T. y Febles, G. 1987. *Leucaena*, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtropical. EDICA. Instituto de Ciencia Animal del Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba.: 3-42.
- Ruiz, T; Febles, G; Jordán, H. y Castillo, E. 1994. *Leucaena leucocephala*, algunos aspectos de su manejo para la producción animal. En Memoria VII Reunión de avances en investigaciones agropecuarias. Colima, México.: 198-201.
- Ruiz, T; Febles, G; Jordán, H; Castillo, E. y Funes, F. 1995. Alternativas de empleo de las leguminosas en la formación de leche y carne en el trópico. En Memoria del XXX Aniversario ICA, La Habana, Cuba.: 75-90.
- Ruiz, T; Febles, G; Covarrubias, O; Díaz, L. E. y Bernal, G. 1988. La altura de la planta como criterio para comenzar a pastar la *Leucaena leucocephala* después de la siembra. Rev. Cubana de Ciencias Agrícolas 22: 201-207.
- Ruiz, T; Febles, G; Jordán, H; Castillo, E; Zarragoitia, L; Díaz, J; Crespo, G. y Ramírez, R. 1991. Tecnología de explotación de bancos de proteína de *Leucaena* para hembras en desarrollo y producción de leche y carne. En Memorias utilización de pastos y forrajes en la alimentación de rumiantes. UNAM, Facultad de Estudios Superiores. Cuautitlán, México.: 175-183.

- Sánchez, R. R. 1992. Guía para cultivar *Leucaena* como recurso forrajero en la planicie costera de Nayarit, México. Folleto para productores No. 1 INIFAP. Campo Experimental "El Macho", Tecuala, Nay. 19 pp.
- Shainberg, I. 1984. The effect of electrolyte concentration on the properties of sodic soils. En: I Shainberg, J Shalhevet (Eds). Soil salinity under irrigation. Ecological studies. Springer-Verlag. N. Y., USA. 51: 49-64.
- Shainberg, I. and Oster, J. D. 1978. Quality of irrigation water. Publication No. 2. Intenational Irrigation Information Center. Bet Dagan. 65 pp.
- Simón, L. 1996. Rol de los árboles y arbustos multipropósitos en las fincas ganaderas. Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Ed. Tyrone, Clavero. Universidad de Zulia. Maracaibo, Venezuela.: 41-49.
- Somarriba, E. 1990. ¿Qué es agroforestería? El Chasqui. 24:5-13.
- Stavarik, J. J. and Raens, D. W. 1984. The development of tolerance to mineral. Hortscience vol. 19:3: 377-384.
- Suárez, J. 1981 . Relation between pH and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage waters. Soil Sci. Amer. J. 45: 469-475.
- Szabolcs, I. 1989. Salt affected soils. Library of Congress, card number 88-6492. By CRC, press Inc. Boca Ratón, Florida, USA.
- Tang, M. 1996. Efecto de la inoculación natural de ocho leguminosas. Estación experimental de pastos y forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 19:3-245.



- Toral, O. y Hernández, J. 1996. Resultados preliminares de la evaluación inicial de especies arbóreas con potencial agrosilvopastoril. *Revista Pastos y Forrajes Indio Hatuey*. Matanzas, Cuba. 1(19): 33-38.
- Tomkins, N; McMeniman, N and Daniel, R. 1991. Voluntary feed intake and digestibility by red deer (*Cervus elaphus*) and sheep (*Ovis aries*) of pangola grass (*Digitaria decumbens*) with or without a supplement of leucaena (*Leucaena leucocephala*). *Small Ruminant Research*. 24, 5 (4): 337-345.
- Ugarte, B. J. 1996. Complementación alimenticia en sistemas de pastoreo intensivo. Pastoreo intensivo en zonas tropicales. Primer foro internacional. Veracruz, Ver. México.: 1-27.
- U.N.A.M. 1994. Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica 65(2): 83-162.
- Van Soest, P. J. 1967. Development of a Comprehensive System of Feed Analysis And Its Applications to Forages. *J. Anim. Sci.* 26: 119-128.
- Vargas, H. y Elvira, P. 1994. Composición química, digestibilidad y consumo de leucaena (*Leucaena leucocephala*), madre de cacao (*Gliricidia sepium*) y caulote (*Guazuma ulmifolia*). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Compilado y ed. por Jorge Evelio Benavides. CATIE. Costa Rica. 394-400.
- Vázquez, A. E. 1984. Evaluación de la Reserva de Sales en los Suelos Salinos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. Estado de México.

Zarragoitia, L; Elias, A; Ruiz, T. y Rodriguez, J. 1992. *Leucaena leucocephala* and saccharina concentrate as supplement for heifers under non-irrigated grassland conditions. Cuban Journal of Agricultural Science. 26(3): 269.