

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Determinación de sustrato óptimo para el crecimiento de *Agave victoriae-reginae* (NOA).

POR:

JESSICA GABRIELA REYES PASTRANA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO

DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Torreón, Coahuila, México.

Febrero 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Determinación de sustrato óptimo para el crecimiento de *Agave victoriae-reginae* (NOA).

POR:

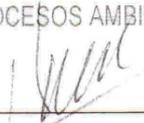
JESSICA GABRIELA REYES PASTRANA

TESIS

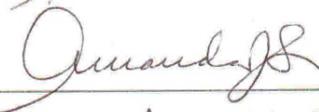
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

ASESOR PRINCIPAL:


M.C. HECTOR MONTAÑO RODRIGUEZ

ASESOR:

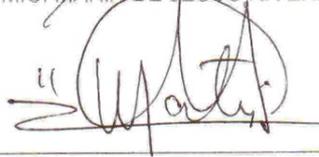

M.C. AMANDA JARAMILLO SANTOS

ASESOR:


M.C. CESAR GUERRERO GUERRERO

ASESOR:


M.C. MARIA DE JESUS RIVERA GONZALEZ


M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

Febrero 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

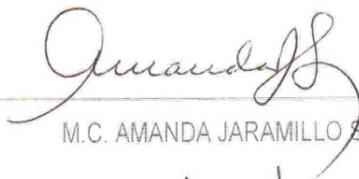
TESIS DEL C. JESSICA GABRIELA REYES PASTRANA QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EN TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

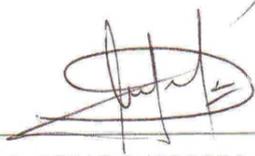
PRESIDENTE:


M.C. HECTOR MONTAÑO RODRIGUEZ

VOCAL:

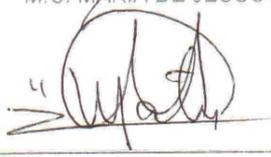

M.C. AMANDA JARAMILLO SANTOS

VOCAL:


M.C. CESAR GUERRERO GUERRERO

VOCAL SUPLENTE:


M.C. MARIA DE JESUS RIVERA GONZALEZ


M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

Febrero 2011.

DEDICATORIAS

A MI MAMI:

Quien me enseñó a valorar las cosas, a luchar por lo que quiero y quien siempre estuvo en todo momento conmigo para apoyarme y darme todo su amor, sus consejos llenos de sabiduría.....a ti mami en tu memoria.

A MIS PADRES:

Amelia y Horacio por sus sabios consejos, por su cariño, amor, comprensión, guía, y sobre todo el apoyo que siempre me han dado, gracias a ustedes he llegado a realizar uno de los anhelos más grandes de mi vida y por lo cual les estere eternamente agradecida.

A MI HIJO:

Tristán Miguel por darme una sonrisa cada momento, traer alegría a mi vida y ser mi más grande motivación para salir adelante y cumplir todas mis metas.

A MIGUEL:

Por estar en todo momento conmigo, por darme su amor, entrega y sobre todo su apoyo a lo largo de mi carrera y quien es pieza fundamental en mi vida y una motivación mas para salir adelante..... A ti amor por estar siempre a mi lado.

A MIS HERMANOS:

Vane, Neri y Pepe por estar siempre conmigo, por su confianza y su apoyo tanto económico como moral para salir adelante.

A MI PRIMO:

Héctor que siempre ha estado conmigo y me ha dado su apoyo moral como un buen hermano para seguir adelante.

A MI TIA:

Lupe por darme su apoyo económico y moral para dar un paso más en mi vida.

A MI COMPADRE:

Julio por su apoyo moral para salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por haberme dado salud, paciencia y brindado muchas oportunidades en esta vida.

A MI ALMA TERRA MATER:

Por brindarme los conocimientos necesarios para formarme como profesionista. Ser alumno egresado de la **UAAAN-UL** es un privilegio y una gran satisfacción por eso y más.

Mis más sinceros agradecimientos.

AL M.C. HECTOR MONTAÑO RODRIGUEZ por su disposición de haberme asesorado en este trabajo de tesis tan importante para lograr esta meta.

A MIS ASESORES:

M.C. AMANDA JARAMILLO SANTOS

M.C. CESAR GUERRERO GUERRERO

M.C. MARIA DE JESUS RIVERA GONZALEZ

Que se llevaron tiempo y dedicación al revisar esta tesis, muchas gracias por su apoyo y aportar conocimientos a este proyecto que es de gran importancia para mi.

A mis maestros: Por la colaboración que contribuyo a mi formación como profesionista y como persona.

A mis compañeros: Por todos los momentos que pasamos juntos, por la unidad que siempre nos caracterizo y por los buenos recuerdos que llevo de todos ustedes.

Agradezco a todas aquellas personas contribuyentes y a quienes participaron para que este trabajo de investigación llegara a término y sea pauta de próximas investigaciones.

CONTENIDO

DEDICATORIAS.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	2
III. OBJETIVO	3
IV. HIPOTESIS	3
V. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
5.1. DATOS GENERALES DE LA NOA (<i>Agave victoriae-reginae</i> T. Moore).....	4
5.1.1. Origen y Distribución de la Noa	4
5.1.2. Características Botánicas y Taxonomía de la Noa	5
5.1.2.1. Taxonomía de la noa (<i>Agave victoriae-reginae</i> T. Moore) (Gentry, 1982).	6
5.2. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN A LAS PLANTAS	8
5.2.1. Topografía	8
5.2.2. Lluvia	9
5.2.3. Suelo.....	10
5.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TIPOS DE SUELOS.....	15
5.3.1. Propiedades químicas del suelo.....	15
5.3.2. Propiedades físicas del suelo	18
5.3.2.1. Propiedades físicas que afectan la retención del agua	18
5.3.3. Clasificación y propiedades de las partículas del suelo.....	21
5.3.3.1. Clasificación por Tamaño	21
5.3.3.2. Características de la arcilla	23
5.3.3.3. Características de la arena	23
5.3.3.4. Características de materia orgánica.....	23
5.3.3.5. Características de la perlita	24
5.4. GENERALIDADES DE LOS SUSTRATOS	24
5.4.1 Que es un sustrato	24
5.4.2. Funciones básica que debe cumplir un sustrato.....	25
5.4.3. Propiedades de los sustratos.....	25
5.4.4. Propiedades de los materiales que componen los sustratos.....	25

5.4.5. Tipos de sustratos	26
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	27
6.1. Ubicación del Estudio.	27
6.2. Procedimiento.....	27
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
7.1. Interpretación de resultados.....	28
7.2. Discusión de resultados.....	31
VIII. CONCLUSIÓN	32
IX. LITERATURA CITADA.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y distribución geográfica de la noa (<i>Agave victoriae-reginae</i> T. Moore) en México (Gentry, 1982).....	5
Figura 2. <i>Agave victoriae-reginae</i> T. Moore.....	7
Figura 3. Medias para el diámetro de dosel para cada tratamiento.....	30
Figura 4 Medias para número de hojas para cada tratamiento	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores de porosidad en diferentes tipos de suelo.	21
Cuadro 2. Clasificación de las partículas del suelo	22
Cuadro 4. Resultados estadísticos para Dosel.....	29
Cuadro 5. Comparación de medias del Dosel.	29
Cuadro 6. Resultados estadísticos para Número de Hojas.	30
Cuadro 7. Comparación de medias del Número de Hojas.....	31

RESUMEN

La Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore) en México se encuentra de forma natural en los estados de Coahuila, Durango y Nuevo León, su aprovechamiento ha sido importante en el desarrollo humano en esta zona, la especie se considera como endémica de la región centro norte del país. Esta planta presenta características muy especiales como la tolerancia a bajas temperaturas de hasta -12°C y Temperaturas altas de hasta 50°C , además como la mayor parte de los agaves dan fruto solamente una vez (monocarpico), en el tallo almacena agua y carbohidratos, cuando esta llega a su madurez florece utilizando toda sus energía tomada de los azúcares almacenados en el tallo y muere al madurar su fruto. La Noa según la NOM-059-ECOL-2001 es considerada como una especie en peligro de extinción, la región de La Comarca Lagunera tenía a principio del siglo XX una extensa población de esta especie y fue desapareciendo por el exceso de su explotación, la demanda de ella como alimento fue la principal causa de que esta especie sea considerada en peligro de extinción.

La problemática en la región son los altos índices de degradación de suelos, y se hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas, el objetivo fue la evaluación de 5 sustratos para determinar las características óptimas donde pueden expresar su potencial de adaptación y crecimiento. Se utilizaron 120 plantas de Noa, con un diseño experimental de bloques al azar y un testigo (T6), con cinco tratamientos, de cuatro concentraciones diferentes (Arcilla, Arena, Tierra Negra y Perlita), con cuatro repeticiones y cinco plantas por repetición, y la variable respuesta fue el diámetro de dosel DD y número de hojas NH, se analizaron mediante un ANOVA para ambas variables se encontró que fueron altamente significativos ($p > 0.05$), T2 resulto mejor para todas las variables estudiadas mientras que el T4 fue lo contrario resultando con una negatividad para las variables, esto indica que el uso de la mezcla de diferentes sustratos, es una alternativa económica para la producción de Noa. Sin embargo la proporción más adecuada debe ser estudiada para cada región, considerando su disponibilidad y precio en el mercado local. En este caso el T2 estuvo por encima del T6.

Palabras Clave: suelos, sustratos, Agave, Noa.

I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los agaves ha sido importante en el desarrollo humano de zonas áridas y semiáridas de México. Numerosos pueblos indígenas y mestizos lo utilizan como fuente de alimento las cuales son ricos en carbohidratos, también es utilizado como medicina, combustible, cobijo, ornato y fibras duras (ixtle), actualmente se cataloga como la planta de las maravillas (Mitton y Grant, 1996.; Cervantes, M. C, 2001.; García, Mendoza, 2007).

La Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore) nombrada así por Thomas Moore en el año de 1875, cuyo nombre fue asignado en honor a la reina Victoria de Inglaterra y tiene su centro de origen en México, se encuentra de forma natural solo en los estados de Coahuila, Durango y Nuevo León, aunque solo se encuentran en localidades muy específicas debido a que crece en afloramientos sobre paredes verticales de carbonato de calcio y calcáreos típicos de La Comarca Lagunera (Ramírez, D. B., et al, 2004). La reproducción de esta planta es casi nula en condiciones naturales o en su propio hábitat debido al el cambio climático, contaminación y otras amenazas; por la irracionalidad del hombre (Eguiarte et al, 2003). El factor principal que ha alterado las poblaciones silvestres de la Noa (*Agave victoriae-reginae*) es la colecta de plantas con fines comerciales de tipo ornamental, que alcanza altos valores en el mercado nacional e internacional. Por su endemismo y su actual situación ha sido catalogada en peligro de extinción por las autoridades del país (Ramírez, D. B., et al, 2004; Gentry, 1982).

La problemática que se está experimentando en algunas zonas con una importante tradición productiva hortícola y ornamental son los altos índices de degradación en los suelos, debido al mal uso de los recursos naturales por el hombre, se hace necesaria la adaptación de soluciones alternativas.

II. JUSTIFICACIÓN

El metabolismo vegetal está caracterizado en lo esencial por los siguientes procesos: respiración, fotosíntesis, metabolismo de sustancias nutritivas, conservación de agua y transpiración. Para conseguir un crecimiento óptimo, en la planta, dejando aparte las influencias atmosféricas (como clima, luz, etc.), es necesario una cohesión firme, suficientes nutrientes y agua para el sustrato (Effem, G. y Eitzer L. 1992; Gomes J. M. 2001).

La composición del sustrato es un factor esencial para el crecimiento de la planta ya que la propia demanda desde el sector productivo es la que ha obligado a desarrollar materiales adecuados que puedan ser utilizados satisfactoriamente en el cultivo de plantas (Gomes J. M. 2001.)

La problemática que se está experimentando en algunas zonas con una importante tradición productiva hortícola y ornamental, pero que, debido a la continuidad e intensidad de los cultivos durante bastantes años, hace que el “suelo” esté enormemente degradado y se tengan que adoptar soluciones alternativas y la necesidad de transportar plantas completas a distintos lugares de donde son nativas ó fueron cultivadas.

Las regiones de los desiertos del norte de México, se caracterizan por su gran diversidad de especies y endemismo de plantas perenes, las cuales abarca la familia Agavaceae. Estas representan un componente ecológicamente importante de estos ecosistemas. El 75 % de las especies de Agave se encuentran en México, el 55% son endémicas y muchas de ellas se encuentran en peligro de extinción (Gentry, 1982). Esto también debido a la sobreexplotación y colecta de plantas ornamentales y hortícolas con fines comerciales que alcanzan altos valores en el mercado nacional e internacional, por su endemismo y la crítica en el país hace que se tomen otras alternativas como la de cultivar plantas en viveros (Ramírez, D. B. *et al*, 2004).

Que es el caso de la noa, que tiene un gran interés en el mercado nacional e internacional de hasta 200 dólares y se caracteriza por un amplio ciclo de vida que va de 4 a 25 años o más para llegar a su madurez sexual y su reproducción es única (monocarpico) esta puede ser de tipo sexual (por semilla) o asexual como toda la familia de las agaváceas algunas especies se reproducen solamente por semillas y otras vegetativamente, pero la mayoría de

las especies usan los dos mecanismos. Estas especies presentan rasgos que favorecen su polinización por murciélagos nectarívoros, además de los insectos y colibríes (González, E. M. et al 2009).

III. OBJETIVO

Evaluar la respuesta en el crecimiento y adaptación de la noa (*Agave Victoriae-reginae* T. Moore) mediante la utilización de diferente sustrato y concentraciones.

IV. HIPOTESIS

La respuesta al uso de la combinación de diferentes sustratos se manifestara en el crecimiento de la planta.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. DATOS GENERALES DE LA NOA (*Agave victoriae-reginae* T. Moore).

5.1.1. Origen y Distribución de la Noa

La mayoría de los agaves y especies de este género se encuentran en México principalmente en el norte y centro del país, pero su distribución geográfica natural se extiende al norte y suroeste de los Estados Unidos de Norte América y al sur hasta Nicaragua (Gentry, 1982). Su mayor representación esta en climas semiáridos y templados (González, E. M. et al 2009).

En México el desierto Chihuahuense presenta un gradiente de precipitación pluvial de 250 a 600 mm anuales según la altitud, este cubre una superficie de 630 000 km², es decir, el 13 por ciento de la superficie nacional. Presenta una biodiversidad en plantas xerófitas únicas en el país y en el mundo, como la Noa (*Agave victoriae-reginae*) que se considera una especie protegida y poco común en México designándola en peligro de extinción, esto quiere decir que su área de distribución está restringida,(Irish, M. y Irish, G. 2000) se encuentra de forma natural solo en los estados de Coahuila, Durango y nuevo león, entre los 100° y 104° longitud oeste y 25° y 27°latitud norte, solo se encuentran en localidades muy específicas debido a que crece en afloramientos de carbonato de calcio sobre paredes verticales y calcáreos típicos de la Comarca Lagunera. El factor principal que ha alterado las poblaciones silvestres de la Noa (*Agave victoriae-reginae*) es la colecta de plantas y semillas para fines comerciales de tipo ornamental, que alcanza altos valores en el mercado nacional e internacional y la destrucción del hábitat natural del cual se extrae mineral por compañías cementeras y mármol en roca. Por su endemismo y su actual situación ha sido catalogada en peligro de extinción por las autoridades del país (Ramírez, D. B. et al, 2004; Gentry, 1982). El Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) inscribe a esta especie entre uno de los agaves más amenazados en México, incluido en el Apéndice II

donde se agrupan a todas las especies susceptibles a ser amenazadas de extinción como consecuencia de un comercio (González, E. M. et al 2009).



Figura 1. Ubicación y distribución geográfica de la noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore) en México (Gentry, 1982)

5.1.2. Características Botánicas y Taxonomía de la Noa

La familia Agavaceae fue propuesta por Endlicher en 1841, quien la formo tomando como tipo nomenclatura al género *Agave*. Sin embargo, no fue hasta la publicación de Hutchinson en 1964 que se le tomo en cuenta y a partir de esa fecha, ha levantado una serie de controversias tanto sobre su validez, como su circunscripción genérica (García, M. 2007).

Los Agaves en zonas áridas y semiáridas de México, son utilizados como fuente de alimento los cuales son ricos en agua, azúcares, vitaminas y minerales, se aprovecha de forma simple como agua miel o se transforma en otras bebidas como vía fermentación (pulque) o destilación (bacanora, mezcal o tequila), también los utilizan como medicina, combustible, cobijo, ornato,

fibras duras (ixtle) y abono, las cuales son extraídas de la parte de los tallos y las bases de las hojas, de igual forma lo utilizan para limpieza, construcción de viviendas y elaboración de implementos agrícolas para evitar la erosión de terrenos inclinados. En las zonas rurales sigue siendo actual mente la planta de las maravillas. (Mitton y Grant, 1996.; Cervantes, M. C, 2001.; García, M. 2007).

La reproducción vegetativa de los agaves ocurre mediante la producción de hijuelos o plántulas en la roseta o de bulbillos (en la inflorescencia), que reproducen de manera casi idéntica las características genéticas de la planta madre. Los hijuelos se pueden diferenciar de dos maneras unos que nacen a partir de rizomas o tallos subterráneos que surgen de la base del tallo de la planta madre y al final de este nace una nueva planta (hijuelo) y la otra que pueden nacer entre las hojas. Algunas especies producen vástagos basales solamente cuando son jóvenes otras durante toda su vida y en una pocas solamente en la madurez, cuando también se emite la inflorescencia (González, E. M. et al 2009).

A veces, los vástagos se producen en gran cantidad dando origen a colonias de clones (individuos provenientes de una sola planta) que pueden persistir por siglos. La reproducción de la noa generalmente dependerá de ella ya que se lleva acabo por vía asexual vegetativa con un crecimiento relativamente lento (González, E. M. et al 2009).

5.1.2.1. Taxonomía de la noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore) (Gentry, 1982).

División: Angiospermae

Clase: Liliopsida

Subclase: Liliidae

Orden: Asparagales

Familia: Agavaceae

Subfamilia: Agavoidae

Género: *Agave*

Subgénero: *Littaea*

Grupo: *Marginatae*

Especie: *A. victoriae-reginae* T. Moore (1875)

Sinonímias: *Agave consideranti* Carr. (1875)

Agave fernandi-regis Berger (1915)

Agave nickelsii R. Grosselin (1895)



Figura 2. *Agave victoriae-reginae* T. Moore

Es una planta variable de tamaño pequeña a mediano de 51 a 70 cm de ancho, puede tener algunas compensaciones, **rosetas** regulares, compacta, solitaria o con vástagos, con tallo corto no visible (o visible en plantas cultivadas) sin ramificaciones, **hojas** cortas, de color verde oscuro brillante con marcas blancas sobre ambas caras muy conspicuas, estrechamente imbricadas, de 15 -20 cm de largo y 3.8-6 cm de ancho, linear ovaladas, redondeada en el ápice, rígidas, gruesas, planas o cóncavas de la parte superior, fuertemente aquilladas a redondeadas abajo, margen corneo blanco sin dientes, espina terminal fuerte y corta de color negro de 0.5-3cm de largo, de sección triangular a cónica, subulada, muy ancha en la base, acanalada y abierta arriba, redondeadamente aquillada abajo, con frecuencia con dos espinas laterales mas pequeñas. **Inflorescencia** espigada de 3-5m de alto, erecta, densamente cubierta de **flores** de la mitad hacia el ápice, pedúnculo con brácteas cartáceas en pares o triadas de diferentes colores, los tépalos y

estambres frecuentemente teñidos de color rojo o púrpura, tépalos abrazados a los filamentos en la post-floración, **ovario** 18-24mm de largo, grueso con cuello corto, tubo poco profundo, difusión de 3 x 8-10 mm; **raíces** poco profundas las cuales limitan su anclaje y absorción de nutrientes (González, E. M. et al 2009; Gentry, 1982).

5.2. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN A LAS PLANTAS

Los factores, asociados con la formación del suelo, son: clima, topografía, acidez, alcalinidad, tiempo, material de origen y organismos vivos. La intensidad e interacción de estos factores han provocado una gran variabilidad en las propiedades del suelo en el mundo (Martínez, G. M.A. y Walthall, P.M., 2001).

5.2.1. Topografía

La topografía se caracteriza por los ángulos de las pendientes y por la longitud y forma de las mismas. La topografía es un importante factor para determinar la erosión del suelo, las prácticas de control de la erosión y las posibilidades de labranza mecanizada del suelo, y tiene una influencia primaria sobre la aptitud agrícola de la tierra. Cuanto mayor es el ángulo de la pendiente de la tierra y la longitud de esa pendiente, mayor será la erosión del suelo. Un aumento del ángulo de la pendiente causa un aumento de la velocidad de escorrentía y con ello la energía cinética del agua causa una mayor erosión. Las pendientes largas llevan a una intensificación de la escorrentía, aumentando su volumen y causando así una erosión más seria. Además de los problemas de erosión, las áreas con pendientes agudas también presentan un menor potencial de uso agrícola. Esto es debido a la mayor dificultad o a la imposibilidad de la labranza mecánica o al transporte en o del campo, en este tipo de pendientes. La labranza en estos casos puede además ser limitada por la presencia de suelos superficiales (FAO, 2000; Martínez, G. M.A. y Walthall, P.M. 2001).

La noa se encuentra restringida a afloramientos de carbonato de calcio, usualmente sobre paredes verticales, lomeríos lo cual le confiere una distribución discontinua o en islas (Martínez, P. A. 1998).

5.2.2. Lluvia

La lluvia es uno de los factores climáticos más importantes que influyen sobre la erosión. El volumen y la velocidad de la escorrentía dependen de la intensidad, la duración y la frecuencia de la lluvia. De estos factores, la intensidad es el más importante y las pérdidas por la erosión aumentan con las intensidades más altas de las lluvias. La duración de la lluvia es un factor complementario. La frecuencia de la lluvia también tiene influencia sobre las pérdidas causadas por la erosión. Cuando la lluvia cae en intervalos cortos, el contenido de agua del suelo permanece alto y la escorrentía es más voluminosa, aún si la lluvia es menos intensa. Después de largos períodos, el suelo está más seco y no debería haber escorrentía en lluvias de poca intensidad, pero en casos de sequía la vegetación puede sufrir debido a la falta de agua y así reducir la protección natural de la tierra. Durante una tormenta fuerte, decenas de gotas de lluvia golpean cada centímetro cuadrado de tierra, aflojando las partículas de la masa de suelo. Las partículas pueden saltar a más de 60 cm de alto y a más de 1.5 m de distancia. Si la tierra no tiene una cobertura vegetativa, las gotas pueden destruir muchas toneladas de suelo por hectárea que son así fácilmente transportadas por la escorrentía superficial. Las gotas de lluvia contribuyen a la erosión de varias maneras:

- Aflojan y rompen las partículas suelo en el lugar del impacto;
- Transportan las partículas así aflojadas;
- Proporcionan energía bajo forma de turbulencia al agua en la superficie.

Para prevenir la erosión es necesario, por lo tanto, evitar que las partículas de suelo sean aflojadas por el impacto de las gotas de lluvia cuando golpean el suelo (FAO, 2000).

De acuerdo a Wischmeier y Smith (1978), cuando se considera solo el factor lluvia, la pérdida de suelo por unidad de área de suelo desnudo es directamente proporcional al producto de dos características de la lluvia: la

energía cinética y la máxima intensidad durante un período de 30 minutos. Este producto es usado para expresar el potencial de erosividad de la lluvia.

5.2.3. Suelo

Acidez

La acidez del suelo depende del material parental del suelo, su edad y forma y los climas actual y pasado. Puede ser modificado por el manejo del suelo. La acidez del suelo está asociada con varias características del suelo (Rowell, 1994; FAO 2000; Martínez G. M.A. y Walthall P.M., 2001).

- Bajo nivel de calcio y magnesio intercambiables y bajo porcentaje de saturación de bases;
- Alta proporción de aluminio intercambiable;
- Una capacidad de intercambio de cationes más baja que en suelos similares menos ácidos debido a un número reducido de cargas negativas en la superficie de la materia orgánica y a un creciente número de cargas positivas en la superficie de los óxidos;
- Cambios en la disponibilidad de nutrientes; por ejemplo, la solubilidad del fósforo es reducida;
- Aumento de la solubilidad de los elementos tóxicos, por ejemplo, aluminio y manganeso;
- Menor actividad de muchos microorganismos del suelo llevando, en casos extremos, a una acumulación de la materia orgánica, a una menor mineralización y a una más baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre.

Alcalinidad

Las áreas con suelos alcalinos ocurren predominantemente en regiones áridas y su ocurrencia depende del tipo de material del suelo original, de la vegetación, de la hidrología y del manejo del suelo, especialmente en áreas con sistemas de irrigación mal manejados (FAO 2000)

La alcalinidad ($\text{pH} > 7$) se presenta en suelos donde el material es calcáreo o dolomítico o donde ha habido una acumulación de sodio

intercambiable, naturalmente o bajo riego. Tales suelos tienen altas concentraciones de iones OH⁻ asociados con altos contenidos de bicarbonatos y carbonatos; los suelos sódicos tienen una baja estructura y estabilidad a causa del alto contenido de sodio intercambiable y muchos de ellos tienen la capa superior o el subsuelo densos (Rowell, 1994; FAO, 2000; Martínez G. M.A. y Walthall P.M., 2001).

Las condiciones alcalinas del suelo causan varios problemas nutricionales a las plantas como la clorosis, en razón de la incapacidad de las plantas de absorber suficiente hierro o manganeso. También pueden ocurrir deficiencias de cobre, zinc y de fósforo a causa de su baja solubilidad. Si el suelo tiene un alto contenido de Carbonato de Calcio (CO₃Ca) puede ocurrir una deficiencia de potasio porque este puede ser rápidamente lixiviado. También puede haber deficiencia de nitrógeno debido generalmente al bajo contenido de materia orgánica (Rowell, 1994; FAO, 2000; Martínez G. M.A. y Walthall P.M., 2001).

Salinidad

Los suelos salinos tienen altos contenidos de diferentes tipos de sales y pueden tener una alta proporción de sodio intercambiable. Los suelos fuertemente salinos pueden presentar eflorescencias en la superficie o costras de yeso (CaSO₄), sal común (NaCl), carbonato de sodio (Na₂CO₃) y otras (FAO, 2000).

La salinidad del suelo puede originarse en un material parental salino, por la inundación de aguas marinas, por sales llevadas por el viento o por irrigación con agua salada. Sin embargo, la mayoría de los suelos salinos se originan por ascensión capilar y evaporación de agua que acumula sal con el pasar del tiempo (FAO, 2000).

Las sales afectan los cultivos a causa de los iones tóxicos, los cuales por un desbalance de los nutrientes inducen deficiencias y por un aumento de la presión osmótica de la solución del suelo causan una falta de agua. La estructura y la permeabilidad del suelo pueden ser dañadas por el alto contenido de sodio intercambiable que queda en el suelo cuando las sales son

lavadas, salvo que se tomen medidas preventivas o remedios, tales como la aplicación de yeso (FAO, 2000).

Baja capacidad de intercambio de cationes (CIC)

La CIC del suelo es una medida de la cantidad de las cargas negativas presentes en las superficies minerales y orgánicas del suelo y representa la cantidad de cationes que pueden ser retenidos en esas superficies. Un suelo con alta CIC puede retener una gran cantidad de cationes de los nutrientes en los lugares de intercambio. Los nutrientes aplicados al suelo que puedan exceder esa cantidad pueden fácilmente ser lavados por el exceso de lluvia o por el agua de riego. Esto implica que esos suelos con baja CIC necesitan un manejo diferente en lo que hace a la aplicación de fertilizantes, con pequeñas dosis de nutrientes aplicadas frecuentemente (FAO, 2000).

Profundidad

La profundidad del suelo puede variar de unos pocos centímetros a varios metros. Las raíces de las plantas usan el suelo a profundidades que van de unos pocos centímetros a más de un metro; en algunos casos esas raíces pueden llegar a varios metros. La profundidad del suelo es un factor limitante para el desarrollo de las raíces y de disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, afectando además la infiltración y las opciones de labranza. Cuanto más superficial es un suelo, más limitados son los tipos de uso que puede tener y más limitado será también el desarrollo de los cultivos. Los suelos superficiales tienen menor volumen disponible para la retención de agua y nutrientes y también pueden impedir o dificultar la labranza; también pueden ser susceptibles a la erosión porque la infiltración del agua está restringida por el sustrato rocoso. Estos factores adversos varían en severidad de acuerdo a la naturaleza de la interface entre el suelo y el lecho rocoso. Si el suelo está en contacto con un lecho rocoso parcialmente descompuesto puede haber alguna infiltración de agua y penetración de las raíces y los instrumentos de labranza pueden ser capaces de romper esa estructura. Los lechos de rocas duras pueden constituir, sin embargo, una fuerte limitante para la agricultura (FAO, 2000).

Nutrición

En México, es escasa la investigación sobre el aprovechamiento de los nutrimentos y la evaluación de la calidad sanitaria en ciertos cultivos, además en el cambio en propiedades físicas y químicas de suelo, debido al riego con aguas residuales. Para que una planta pueda vivir, además de energía lumínica, dióxido de carbono y agua, necesita recursos minerales que debe obtener del suelo o del agua (Cagnoni y Pizarro, 2000).

Los nutrimentos minerales esenciales para las plantas son aquellos: necesarios para la ocurrencia de un ciclo de vida completo, involucrados en funciones metabólicas o estructurales en las cuales no pueden ser sustituidos, y cuya deficiencia se asocia a síntomas específicos (aunque no inconfundibles). Los minerales esenciales incluyen: C, H, O, N y S (principales constituyentes de la materia orgánica), P, B y Si (esterificados con alcoholes en las plantas), K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl, Fe, Cu, Zn y Mo (absorbidos como iones o quelatos). La adición más reciente al grupo de minerales esenciales es el Níquel, involucrado en el metabolismo de la urea y de los ureidos, la absorción de Fe, la viabilidad de las semillas, la fijación de N y el crecimiento reproductivo (Gutiérrez, M. 2000).

La nutrición determina el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de los procesos fisiológicos de la fotosíntesis (producción de carbohidratos) y la respiración (producción de ATP) (Salisbury B.F, Ross W.C. 2000).

El contenido de nutrientes de la materia orgánica es importante para las plantas. Por medio de la actividad de la flora y la fauna presentes en el suelo esos nutrientes son transformados en sustancias inorgánicas y pasan a estar disponibles para las plantas. A medida que los rendimientos aumentan, el uso correcto de fertilizantes minerales y las masas de las raíces aumentan el contenido de materia orgánica del suelo en razón de la mayor cantidad de residuos que se incorporan. La materia orgánica también puede ser agregada usando abonos verdes o residuos orgánicos como estiércol o composta (FAO, 2000).

Durante la revolución verde en México, la práctica general sobre la fertilización al suelo se concentraba en aplicar fertilizantes químicos de Nitrógeno y Fósforo, marginando a los abonos orgánicos, que fueron la base y

sustento de la agricultura por siglos. Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Además de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Dimas, L. J. *et al.* 2001).

En la actualidad la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter al terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosechas) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivos intensos para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Dimas, L. J. *et al.* 2001).

Contenido de nutrientes

La disponibilidad de nutrientes es fundamental para el desarrollo de los cultivos. El contenido de nutrientes del suelo depende del material y el proceso de formación del suelo, del abastecimiento y naturaleza de los fertilizantes, de la intensidad de la lixiviación y la erosión, de la absorción de los nutrientes por parte de los cultivos y de la CIC del suelo (FAO, 2000)

Aunque la deficiencia de nutrientes en muchos casos puede ser fácilmente corregida, los suelos con mejor disponibilidad natural de nutrientes requerirán menores inversiones y, por lo tanto, muestran una aptitud natural para dar mejores rendimientos. El conocimiento de la necesidad de aplicar o no grandes cantidades de nutrientes en forma de fertilizantes, comparado con la disponibilidad de recursos, es un factor determinante para la recomendación de uso de la tierra (FAO, 2000).

Además de evaluar los contenidos y proporciones de cationes intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} y Na^{+}) también será necesario evaluar el contenido de nitrógeno del suelo –a través de la materia orgánica-, el contenido

de fósforo disponible, el contenido de micronutrientes esenciales y el valor de la CIC del suelo (FAO, 2000).

5.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TIPOS DE SUELOS

Suelo: Material mineral y orgánico no consolidado situado en la superficie de la tierra que sirve como medio natural para el crecimiento de las plantas terrestres. La materia mineral no consolidada situada en la superficie de la tierra que ha sido sujeta a la influencia de factores genéticos y ambientales: material parental, clima, (incluye efectos de humedad y temperatura), macro y micro organismos y topografía, todos actuando en un tiempo determinado, para dar como resultado un producto “suelo” que difiere del material del cual se ha derivado, en muchas propiedades y características químicas, físicas, biológicas y morfológicas (FUNACH-ASCAPAM, 2002).

5.3.1. Propiedades químicas del suelo

Las más importantes son: Acidez, Fertilidad y Materia Orgánica

En los suelos ácidos muy pocos alimentos son tomados por las raíces de las plantas. En los suelos ácidos la producción de las cosechas es muy baja. (MOCOA, 2002).

Un suelo fértil es el que tiene buena cantidad de alimentos para las plantas. Estos alimentos se llaman nutrientes. Los nutrientes que las plantas necesitan en mayor cantidad para su crecimiento y fructificación son:

- NITRÓGENO
- FÓSFORO
- POTASIO
- CALCIO
- MAGNESIO

Estos nutrientes se llaman MAYORES y se deben aplica a los cultivos varias veces al año porque son los que más rápido se acaban (FUNACH-ASCAPAM 2002)

EL NITRÓGENO (N)

- Ayuda al buen crecimiento de las plantas.
- Da el color verde a las hojas.
- Las plantas dan buenas cosechas.
- Cuando se aplica mucho nitrógeno se demora la floración y fructificación.
- El nitrógeno como abono se consigue en forma de urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio o en la materia orgánica.

EL FÓSFORO (P)

- Ayuda al buen crecimiento de las plantas.
- Ayuda a formar raíces fuertes y abundantes.
- Contribuye a la formación y maduración de los frutos.
- Es indispensable en la formación de las semillas.
- Son fuente de este nutriente la roca fosfórica o fosforita.

EL POTASIO (K)

- Ayuda a la planta a formar tallos fuertes y vigorosos.
- Ayuda a la planta a la formación de azúcares, almidones y aceites.
- Da a la planta resistencia a las enfermedades.
- Mejora la calidad de las cosechas.
- Como abono se consigue en forma de sulfato de potasio y cloruro de potasio.

EL CALCIO (Ca)

- Ayuda al buen crecimiento de la raíz y del tallo de la planta.
- Permite que la planta tome del suelo los alimentos fácilmente.

EL CALCIO se consigue para aplicar al suelo en forma de cal agrícola, cal apagada y cal dolomítica.

EL MAGNESIO (Mg)

- Ayuda a la formación de aceites y grasas.

- Es el principal elemento en la formación de clorofila. La clorofila es la sustancia que le da el color verde a las hojas. Sin clorofila las plantas no pueden formar azúcares.

EL MAGNESIO como abono se consigue en forma de carbonato de magnesio, óxido de magnesio y sulfato de magnesio. La mayoría de los abonos químicos, tienen diferentes cantidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, Las diferentes cantidades de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) que hay en cada abono químico es lo que se llama el grado del abono.

El grado se representa por tres números separados por un guión que indica el contenido de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).

Por ejemplo, el abono de grado 10-30-10 quiere decir que en 100 kilos de abono químico, hay 10 kilos de Nitrógeno (N), 30 kilos de Fosfato (P) y 10 kilos de Potasio (K). El abono de grado o fórmula 12-6-22-2 quiere decir que en 100 kilos de abono hay 12 kilos de Nitrógeno (N), 6 kilos de Fósforo (P), 22 kilos de Potasio (K) y 2 kilos de Magnesio (Mg). Este abono tiene además pequeñas cantidades de otros nutrientes llamadas elementos menores.

Hay otros nutrientes que las plantas necesitan en menor cantidad para vivir y producir buenas cosechas.

Estos nutrientes se llaman MENORES

Los nutrientes MENORES son:

- BORO (B)
- ZINC (Zn)
- HIERRO (Fe)
- MANGANESO (Mn)
- COBRE (Cu)
- MOLIBDENO (Mo)
- COBALTO (Co)
- AZUFRE (S)

Estos nutrientes se encuentran en la mayor parte de los suelos en pequeñas cantidades, suficientes para las plantas. Cuando los elementos menores no se encuentran en los suelos, las hojas de las plantas muestran amarillamientos y se deforman, pueden aparecer torcidas, arrugadas, o

encrespadas en sus bordes. Esta es la época de aplicarlos pero en cantidades muy pequeñas, porque en abundancia se vuelven tóxicos o sea que envenenan las plantas (FUNACH-ASCAPAM, 2002).

5.3.2. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas y de que forma la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Rucks, L. *et al* 2004).

PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

- COLOR
- TEXTURA
- ESTRUCTURA
- POROSIDAD
- PERMEABILIDAD
- PROFUNDIDAD EFECTIVA
- DRENAJE

5.3.2.1. Propiedades físicas que afectan la retención del agua

El suelo desde un punto de vista físico, puede considerarse como una mezcla porosa de partículas minerales, orgánicas, aire y agua con sustancias en disolución. En él las partículas minerales y orgánicas forman la matriz sólida del conjunto, mientras que la solución y el aire ocupan los huecos que deja la porción sólida. Muchas son las propiedades del suelo que afectan su capacidad para retener el agua, destacando entre todas, la textura, estructura y porosidad (Rucks, L. *et al*; 2004).

Textura del suelo

Es precisamente esta proporción de cada elemento del suelo lo que se llama la textura, o dicho de otra manera, la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición.

En geología, el término textura aplicado a las rocas, tiene sentido diferente, designa el modo en que los elementos constituyentes de la roca se agrupan en el espacio confiriéndole su conformación general (Rucks, L. *et al*; 2004).

Origen de la textura del suelo

Hay que considerar en primer término la *roca madre*; el suelo tendrá indiscutiblemente una tendencia congénita a ser arcilloso, limoso, arenoso, según que la roca sea arcillosa, limosa, o arenosa, en el caso de rocas sedimentarias y sedimentos, o bien que sea capaz de producir esos elementos en el curso de su alteración, si se presenta al estado de roca consolidada y coherente (Rucks, L. *et al*; 2004).

Esta tendencia puede ser favorecida o contrarrestada por la *evolución*. El *humus* aparece normalmente con todos los factores que condicionan su naturaleza (vegetación, clima, medio pedológico, etc.). El suelo puede entonces enriquecerse con humus cálcico y estabilizarse, o puede descalcificarse y ser lixiviado. En este caso, la proporción de arcilla disminuye en la superficie y aumenta en la profundidad. El humus puede dar lugar a migraciones capaces de transformar radicalmente la textura original, Mientras se produce esta evolución, la alteración de la roca madre puede continuar, puede ralentizarse y hasta detenerse (Rucks, L. *et al*; 2004).

Todas estas eventualidades influyen sobre la textura del suelo. Esta depende por lo tanto, en grados diversos, de la naturaleza de la ***roca madre*** y

de los procesos de evolución del suelo. En resumen, la textura de un suelo será el resultado de la acción de los factores de formación de suelo y su intensidad de **acción** (Rucks, L. *et al*; 2004).

Estructura

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. La circulación del agua en el suelo varía notablemente con la estructura.

El proceso de agregación del suelo puede asumir diferentes modalidades, lo que da por resultado diferentes tipos de estructura del suelo. El tipo de estructura describe la forma o configuración de los agregados individuales y generalmente se reconocen cuatro tipos:

1. Estructura granular y migajosa
2. Estructura en bloques o bloques subangulares
3. Estructura prismática y columnar
4. Estructura laminar

Porosidad

Como consecuencia de la textura y estructura del suelo tenemos su porosidad, es decir su sistema de espacios vacíos o poros. Los poros del suelo se distinguen en macroscópicos y microscópicos. Los primeros son de notables dimensiones, y están generalmente llenos de aire, por lo cual el agua los atraviesa rápidamente, impulsada por la fuerza de la gravedad. Los segundos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares.

Los terrenos arenosos son ricos en macroporos, permitiendo un rápido pasaje del agua, pero tienen muy baja capacidad de retener el agua, mientras que los suelos arcillosos son ricos en microporos, y pueden manifestar una escasa aeración, pero tienen una elevada capacidad de retención del agua. La

porosidad (P) puede expresarse con la siguiente ecuación (Constantinidis, 1970; Rucks, L. *et al* 2004; USDA, 1952; FAO, 2000).

$$P = \frac{V_e}{V}$$

Donde V_e es el volumen de espacios vacíos, comprendiendo los que están ocupados por gases o líquidos, y V es el volumen total de la muestra, comprendiendo sólidos, líquidos y gases. También puede estimarse a partir de la densidad aparente (D_a) y la densidad real del suelo (D_r):

$$P = \frac{D_r - D_a}{D_r}$$

La porosidad varía de acuerdo a tipo de suelo como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valores de porosidad en diferentes tipos de suelo.

Tipo de suelo	Porosidad (%)
Suelos ligeros	30-45
Suelos pesados	50-65
Suelos medios	45-55
Suelos turbosos	75-90

5.3.3. Clasificación y propiedades de las partículas del suelo

5.3.3.1. Clasificación por Tamaño

La composición por tamaño de las partículas (granulométrica) de un suelo, es el porcentaje de materia mineral en peso de cada fracción, obtenida por separación de las partículas minerales en, más clases por tamaño mutuamente excluyentes.

Las propiedades de las partículas gruesas y finas del suelo difieren considerablemente, pero no hay una división natural marcada de ninguna clase

de tamaño de partícula. Sin embargo, para propósitos prácticos se han establecido algunos límites. Comúnmente en los suelos se separan por lo menos tres clases por tamaño usualmente denominados **arena, limo y arcilla**. El procedimiento usado para medir la composición granulométrica es el análisis granulométrico o mecánico. Los numerosos métodos de análisis están basados en el hecho de que la velocidad de caída de las partículas del suelo a través del agua aumenta con el diámetro de las mismas, o en una combinación de esta propiedad con el uso de tamices para separar las partículas gruesas (USDA, 1952).

Se han propuesto varias y diferentes clasificaciones de las fracciones. Citaremos dos de las más importantes, la establecida por el Departamento de Agricultura de U.S.A. y la propuesta más reciente por la sociedad internacional de la Ciencia del Suelo. Se exponen ambas en el cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de las partículas del suelo

	Sistema del Depto. de Agricultura de EE.UU.	Sistema Internacional
Fracción del Suelo	Diámetros límites en mm.	Diámetros límites en mm.
Arena muy gruesa	2.00 - 1.00	
Arena gruesa	1.00 - 0.50	2.00 - 0.20
Arena Media	0.50 - 0.25	
Arena fina	0.25 - 0.10	0.20 - 0.002
Arena muy fina	0.10 - 0.05	
Limos	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Arcilla	Menos de 0.002	Menos de 0.002

Todas las clasificaciones por tamaño, tienen en común el límite de dos micras (0.002 mm) para la fracción arcilla y difieren fundamentalmente en la subdivisión de la fracción arena (Rucks, L. *et al*; 2004; USDA, 1952).

5.3.3.2. Características de la arcilla

Las arcillas de baja actividad determinan que las propiedades químicas y biológicas de los horizontes superficiales sean dependientes del contenido de materia orgánica, por lo que la aplicación de residuos de ese origen es una alternativa para restituir su falta (Castillo, A. E. et al; 2000).

5.3.3.3. Características de la arena

Es un material de naturaleza silíceo y de composición variable, que depende de los componentes de la roca silicatada original, puede proceder de las canteras o de los ríos, la arena es una de las sustancias más utilizada en la mezcla de sustratos, aunque se emplea en pequeñas cantidades. La arena mejora la estructura del sustrato, y a la vez aporta peso al mismo. Las arenas utilizadas no deben contener elementos nocivos tales como sales, arcillas o plagas. La granulometría no debe ser gruesa, la arena de río que es la mejor debe estar limpia para ser utilizada en sustratos.

5.3.3.4. Características de materia orgánica

La materia orgánica de un suelo es sin duda el componente que contribuye de forma más global a mantener su capacidad productiva. Es el reservorio de alrededor del 95% del nitrógeno edáfico e influye favorablemente en sus propiedades físicas como la porosidad, estabilidad de la estructura, agregación de las partículas, densidad aparente, mejorando la conductividad hidráulica, infiltración y retención de agua, afecta al comportamiento del suelo en lo que a retención y transmisión de gases y calor se refiere. Asimismo, proporciona una reserva estable de nutrientes para la planta y organismos en general residentes en el medio, alterando al mineralizarse ciertas propiedades químicas del mismo (Álvarez, R. et al 2002; Muñoz, G. F. et al 1999; Castillo, A. E. et al 2000).

La materia orgánica agregada al suelo normalmente incluye hojas, raíces, residuos de los cultivos y compuestos orgánicos correctivos. Como que muchos de los residuos vegetales se aplican en la superficie o en la capa superior del suelo, el contenido de materia orgánica de esta capa tiende a ser más alto y a decrecer con la profundidad. La materia orgánica incrementa la retención de los nutrientes del suelo disponibles para las plantas debido a su capacidad de intercambio de cationes la CIC del humus varía entre 1 y 5 meq·g (FAO, 2000; García, C. O. *et al* 2001).

5.3.3.5. Características de la perlita

La perlita permite una buena respuesta por parte de los cultivos, los que manifiestan una alta eficiencia en el uso del agua. Presenta una red de poros internos que pueden estar conectados con el exterior o ser cerrados. Estos últimos no conforman la porosidad efectiva, ya que las raíces no tienen acceso a ellos (Martínez, D. 2006).

5.4. GENERALIDADES DE LOS SUSTRATOS

5.4.1 Que es un sustrato

Un sustrato es todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando por tanto un papel de soporte para la planta. El sustrato interviene en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Bárbaro, L. A. *et al* 2008.; Pastor, S. J. 2000), para controlar la calidad de un material para ser usado solo o en mezcla es necesario recurrir a su análisis o caracterización, para luego en base a los resultados obtenidos, programar la fertilización adecuada, elección del tamaño del contenedor, el sistema de riego, y por consiguiente, el éxito de un cultivo (Bárbaro, L. A. *et al*; 2008).

5.4.2. Funciones básica que debe cumplir un sustrato.

- Retener el AGUA en forma disponible para la planta
- Proporcionar OXÍGENO para la respiración radicular
- Suministrar NUTRIENTES
- Ser un SOPORTE para la planta en crecimiento: ANCLAJE
- Mantener el PAN DE TIERRA para el trasplante

5.4.3. Propiedades de los sustratos

Las propiedades físicas son consideradas como las más importantes para un sustrato y el correcto desarrollo de la planta. Esto es debido a que si la estructura física de un sustrato es inadecuada, difícilmente podremos mejorarla una vez que se ha establecido el cultivo. En cambio, las propiedades químicas si pueden ser alteradas posterior al establecimiento del cultivo. Por ejemplo, si un sustrato no posee un pH o el nivel nutricional adecuado, estos puede mejorarse añadiendo enmiendas o abonos. Similarmente, un exceso de sales solubles puede remediarse con un lavado (o lixiviado) con agua de baja salinidad (Pastor, S. J. 2000).

5.4.4. Propiedades de los materiales que componen los sustratos

Granulometría: tamaño medio de partícula

Porosidad (mayor a 85 %)

Capacidad de agua disponible (24 - 40 %)

Densidad aparente: menor a 0,4 gr/cm³

Capacidad de Intercambio Catiónico: 6-15 meq/100gr.

PH: 5.4 - 6.0

Conductividad Eléctrica menor a 0,65 mmhos/cm

Compost maduros

Libre de enfermedades, plagas y malezas

Ser fácilmente disponible

Bajo costo

(García, M. 2000).

El metabolismo vegetal esta caracterizado en lo esencial por los siguientes procesos: disimilación (respiración), asimilación (fotosíntesis), metabolismo de sustancias nutricias, conservación de agua y transpiración. Para conseguir un crecimiento optimo, la planta, dejando aparte las influencias atmosféricas (clima, luz, etc.), necesita una firme cohesión y un abastecimiento continuo y suficiente de sustancias nutricias y agua a partir de su sustrato. La composición y la constitución del sustrato son, por lo tanto, factores esenciales del crecimiento. Los organismos vegetales necesitan agua, no solo como compuesto de partida para la fotosíntesis, sino también como importante Participe en las reacciones en procesos de metabolismo (Effem, G. y Eitzer L. 1999; Gomes J. M. 2001).

Los sustratos para la producción de plántulas son definidos como el medio adecuado para sustentación de plantas y deben presentar propiedades que permitan la retención de cantidades suficientes y necesarias de agua, oxigeno y nutrientes, además de ofrecer pH compatible con la especie vegetal, ausencia de elementos químicos en niveles tóxicos y conductividad eléctrica adecuada. La fase solida de sustrato debe ser constituida por una mezcla de partículas minerales y orgánicas. El estudio de la disposición porcentual de estos componentes es importante, ya que ellos pueden ser fuente de nutrientes y actuaran directamente sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por lo tanto, en concordancia con la disposición cuantitativa y cualitativa de los materiales minerales y orgánicos empleados, las plántulas serán influenciadas por carencia de nutrientes y por disponibilidad de agua y oxigeno (Sabonaroa D. Z. 2009).

5.4.5. Tipos de sustratos

La elección de material para la elaboración de los sustratos está determinada por la disponibilidad local, su costo, para qué cultivo se va a emplear, sus propiedades, la experiencia previa que se tiene en el empleo del material y su impacto ambiental.

Clasificación de elementos que pueden ser utilizados en la preparación de sustratos de acuerdo a su origen y clasificación:

Materiales orgánicos: resaca de monte, resaca de río, hojas de pino, turba. Subproductos y desechos de actividades agropecuarias, industriales y urbanas: residuos sólidos urbanos, estiércol de animales de granja (vacunos, ovejas, caballos, cerdos, gallinas ponedoras, cama de pollos, residuos de conejeras), desechos de industrias frigoríficas, industrias cosmetológicas, industrias de alimentos, y de madera (la mayoría de estos elementos deberían ser descompuestos previamente o compostado, para optimizar sus propiedades como materiales para la formulación de sustratos). Por otro lado, los componentes orgánicos más populares incluyen: musgo de turba (Peatmosss®), productos de madera (corteza, aserrín, virutas), composta de materia orgánica o desechos de jardinería, polvo de coco, lodos de depuradora, fango, estiércol, paja, cascarilla de arroz y de cacahuete.

Materiales inorgánicos: arena, perlita, vermiculita, arcilla expandida (García, C. O. et al, 2001; Iskander C. R. 2002).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Ubicación del Estudio.

Los estudios se realizaron en el vivero del campus de la UAAAN-UL, de La Comarca Lagunera, situada a una altitud de 1100msnm cuya ubicación es 103° 26' 53" longitud oeste y 25° 32' 51" latitud norte.

6.2. Procedimiento.

Se utilizaron 120 plantas de *Agave victoriae-reginae* de 5 meses de edad obtenidas del vivero de la UAAAN-UL. El procedimiento del experimento se estableció dentro del mismo, utilizando un diseño experimental de bloques al azar con un testigo y cinco tratamientos de diferentes concentraciones con una combinación de distintos suelos de acuerdo a sus características, cada

tratamiento con cuatro repeticiones y 5 submuestras por repetición, se midió el dosel y se contabilizó el número de hojas al inicio y al final del experimento el cual tubo una duración de 9 meses, la toma de datos se realizó cada mes evaluando la variables establecidas (diámetro de dosel y número de hojas) para determinar cuál fue el sustrato adecuado en el que la planta tubo mayor crecimiento y mejor adaptación.

Se utilizaron 4 diferentes tipos de suelo de acuerdo a sus características y a las de la planta, posteriormente haciendo una combinación para saber cuál era el sustrato adecuado para el crecimiento de la Noa (*Agave victoriae-reginae*). En el cuadro 3 se muestra los distintos tratamientos que se establecieron en el experimento.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos y sustratos utilizados.

T1	T 2	T3	T 4	T5	T6
Arcilla 50%	Arcilla 70%	Arcilla 80%	Arcilla 45%	Arcilla 60%	Peatmossss®
Arena 30%	Arena 15%	Arena 10%	Arena 30%	Arena 15%	
TierraN.10%	Tierra N. 5 %	Tierra N. 5%	Tierra N. 5%	Tierra N. 10%	
Perlita 10%	Perlita 10%	Perlita 5%	Perlita 20%	Perlita 15%	

Tierra N. = Tierra Negra

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Interpretación de resultados

El análisis estadístico del presente trabajo se realizo con el programa SAS (Statistics Analysis Sistem), El diseño estadístico fue de bloques al azar con cuatro repeticiones dicho diseño se ajusta al modelo $Y = A +$.

La variable dosel se analizo mediante un análisis de varianza (ANOVA) y se encontró que fue altamente significativo ($p \geq 0.05$) ya que se encontró una amplia diferencia entre ellos esto indica que el sustrato utilizado para la producción de *Agave victoriae-reginae* tiene mucha inferencia sobre esta variable. Los resultados se muestran en el cuadro 4.

Para las repeticiones de esta variable no hubo significancia lo cual nos sugiere que las condiciones de manejo y toma de datos fueron muy homogéneas.

Cuadro 4. Resultados estadísticos para Dosel.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
T	5	16.72375000	3.34475000	51.30**	<.0001
R	3	0.25458333	0.08486111	1.30 ns	0.3104
Error	15	0.97791667	0.06519444		

Debido a la alta significancia de los tratamientos ($P < 0.01$) se realizó una prueba de Diferencia mínima significativo (DMS) cuyos resultados fueron: Que el tratamiento 2 fue el mejor y el tratamiento que no respondió fue el 4. Con valores de medias de 7 a 4.18 respectivamente, ver cuadro N° 5 y figura 3.

Cuadro 5. Comparación de medias del Dosel.

AGRUPAMIENTO*	MEDIA	TRAMIENTO
A	7.00	2
B	5.25	5
B	5.23	6
B	5.20	3
B	5.18	1
C	4.18	4

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

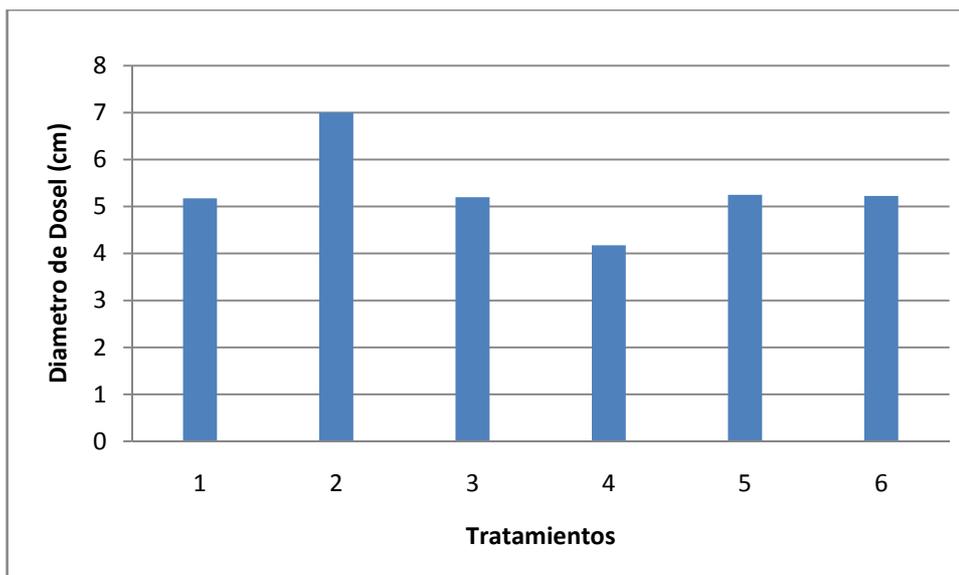


Figura 3. Medias para el diámetro de dosel para cada tratamiento

La variable número de hojas se analizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) y se encontró que fue altamente significativo ($p \geq 0.05$) ya que se encontró una amplia diferencia entre los tratamientos esto indica que el sustrato utilizado para la producción de *Agave victoriae-reginae* tiene mucha influencia sobre esta variable. Los resultados se muestran en el cuadro 6. Para las repeticiones de esta variable no hubo significancia lo cual nos sugiere que las condiciones de manejo y toma de datos fueron muy homogéneas.

Cuadro 6. Resultados estadísticos para Número de Hojas.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
T	5	16.06000000	3.21200000	25.01**	<.0001
R	3	0.25458333	0.08486111	1.30 ns	0.3104
Error	15	1.92666667	0.12844444		

Debido a la alta significancia de los tratamientos ($P < 0.01$) se realizó una prueba de Diferencia mínima significativo (DMS) cuyos resultados fueron: Que el tratamiento 2 fue el mejor y el tratamiento que no respondió fue el 4, con medias de 8.1 a 5.8 respectivamente, ver Cuadro 7.

Cuadro 7. Comparación de medias del Número de Hojas.

AGRUPAMIENTO	MEDIA	TRAMIENTO
A	8.1	2
B	6.8	6
C B	6.3	5
C	5.9	1
C	5.8	3
C	5.8	4

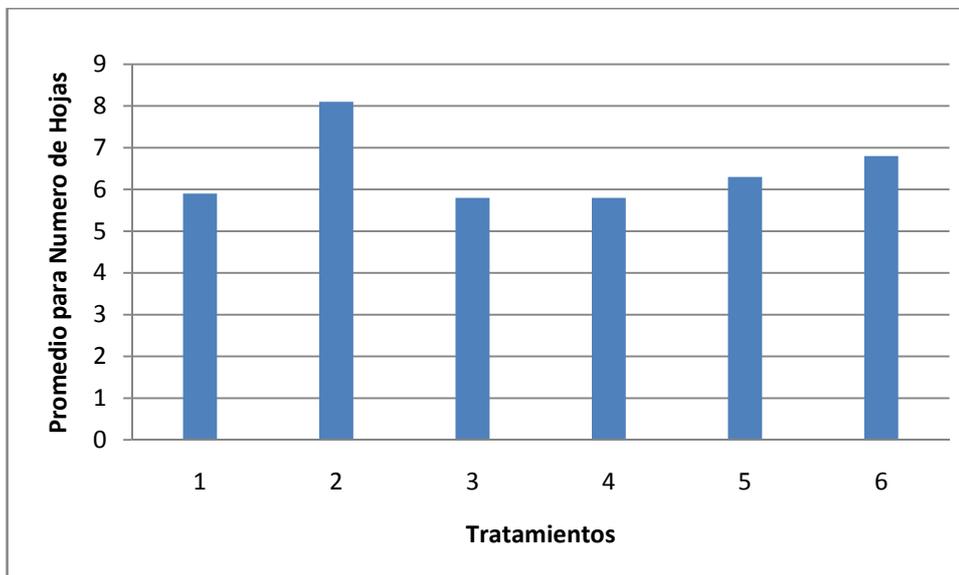


Figura 4 Medias para número de hojas para cada tratamiento

7.2. Discusión de resultados

El tratamiento 2 (T2) es el más adecuado por la presencia de arcilla en un 70% y arena en un 15%, esto nos permite drenar el exceso de humedad y aprovechar la capacidad de retención de la misma por la arcilla.

Además la arcilla con un pH alcalino facilita la absorción, ya que esta planta en su hábitat natural su suelo es alcalino.

El tratamiento 4 (T4) fue el menos adecuado tiene una concentración de un 30% de arena y un 45 % en arcilla por lo cual el drenaje fue más activo y hubo menos retención de humedad.

En todos los casos consideramos que la perlita no presentó una adecuada funcionalidad, que es la de retención de humedad.

En el trabajo realizado por Pereyra, J. 2007 sobre diferentes concentraciones nutritivas para el desarrollo de la noa con 4 tratamientos (arena + agua de la llave, arena + lixiviado de vermicomposta, arena + concentrado de lixiviado de vermicomposta, arena + diluido lixiviado de vermicomposta) las variables que se evaluaron fueron peso fresco total, peso seco total, peso fresco de tallo y hoja, peso seco de tallo y hoja, peso fresco de raíz y peso seco de raíz. En el análisis de varianza no se detectó ninguna diferencia significativa entre los tratamientos. Siendo distintas las variables que se consideraron y por no tener datos sobre altura y diámetro de planta no es posible establecer similitudes en cuanto a la utilización de estos tipos de sustrato.

VIII. CONCLUSIÓN

El uso de la mezcla de diferentes sustratos, es una alternativa económica y al alcance de cualquier persona para la producción de la Noa (*Agave victoriae-reginae*) ya que el Peatmosss® es muy costoso. Sin embargo la proporción más adecuada debe ser estudiada para cada región, considerando su disponibilidad y precio en el mercado local. En este caso tomando en cuenta que la arcilla fue la base primordial para la producción de la planta, el Tratamiento 2 (T2) fue el que presentó mejor respuestas sobre las variables estudiadas y el Tratamiento 4 (T4) fue lo contrario al presentar una respuesta poco favorable.

IX. LITERATURA CITADA

- Bárbaro, Lorena A.; Karlanian Mónica A.; Morisigue, Daniel E.; (2008) “CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE RESACAS DE RÍO UTILIZADAS PARA LA FORMULACIÓN DE SUSTRATOS”. INTA Castelar, Instituto de Floricultura, De los Reseros y N. Repetto, Buenos Aires. Argentina.
- Cagnoni, M y H. Pizarro, (2000). “recursos y condiciones.” Departamento de Ecología, genética y Evolución **1**: 1-3.
- Castillo, Alicia E., Gauna, Darío., Dalurzo, Humberto C. Fernández, Sergio R. (2000). Cambios en las Propiedades Físicas por el uso de Enmiendas Orgánicas.
- Cervantes, M. C. (2001). Los Agaves (*Agave spp*). Instituto de Geografía Nacional UNAM **Volumen,** 101 (en línea) <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/temas-sel/plazorico/art4.pdf>
- Costantinidis. C. (1970). Bonifica ed Irrigazione. Edagricole. Bologna. Italy.
- Dimas-López, José. Díaz-Estrada, Antonio. Martínez-Rubín, Enrique. Y Valdez-Cepeda, Ricardo D. (2001), ABONOS ORGANICOS Y SU EFECTO EN PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO Y REDIMIENTO EN MAÍZ. TERRA Latinoamericana, octubre - diciembre Vol. 19. Núm. 004. Chapingo, México. Pp.293-299.
- Effem G. y Eitzer L. (1992). Utilización de un granulado para plantas. OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS. Nº 11
- FUNACH-ASCAPAM, (2002). “Propiedades físicas-químicas del suelo”. UNIÓN TEMPORAL DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL PROGRAMA NACIONAL DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA PRONATTA.
- FAO, 2000, Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo.

- García Correa, O. Alcántar, G. Cabrera, R. I. Gavi F. and Volke, V. (2001).
Materiales orgánicos como sustratos para la producción de *Epiprenum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Terra Vol19. Nº3: Pp.249-258.
- García, Margarita. (2000) "SUSTRATOS PARA LA PRODUCCION DE PLANTINES HORTÍCOLAS". Universidad de la República Facultad de Agronomía, Departamento Producción Vegetal, Centro Regional Sur, garciamc@st.com.uy
- García-Mendoza, Abisaí J. (2007), "los Agaves de México". Instituto de ciencias. México, UNAM, publicación julio-septiembre núm. 087. Pp 14-23.
- Gentry, H. S. (1982). Agave of Continental North América. Tucson Arizona, The University of Arizona press.
- Gomes, JM. (2001). "Parametros morfologicos na avaliacao da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K". Tese Doutorado em Ciencia Florestal. Vicoso, Brasil. Universidade Federal de Vicoso. Pp. 166.
- González-Elizondo, Martha.; Galván-Villanueva, Raquel. López-Enríquez, Irma L.; Resendis-Rojas, Lorenzo. Gonzales-Elizondo M. Socorro. (2009). "Agaves -maguelles, lechuguillas y noas del estado de Durango y sus alrededores". Primera edición, Durango, Dgo. México. Pp. 132-136.
- Gutiérrez, Marco. (2000). NUTRICION MINERAL DE LAS PLANTAS: AVANCES Y APLICACIONES.
- Irish, Mary y Irish, Gary. (2000). Agaves, yuccas, and related plants: a gardener's guide. Primera Edición, Pp 176-178.
- Iskander, Cabrera Raúl. (2002). "MANEJO DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS ORNAMENTALES EN MACETA". Department of Horticultural Sciences, Texas A&M University.

- Martínez, Daniela. Landini, Ana M. Svartz, Héctor. Vence, Lilia. Bottini, Lucila. Mascarini, Libertad. Orden, Susana. y Villela, Fernando. (2006). "PROPIEDADES FÍSICAS E HIDRÁULICAS DE PERLITA EN CULTIVOS DE ROSAS Y SUS VARIACIONES TEMPORALES". Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, dmartine@agro.uba.ar.
- Martinez-Gamiño M.A. y Walthall P.M., (2001). "PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MINERALOGICAS EN EL ENCOSTRAMIENTO DE SUELOS DE MEXICO Y LOUISIANA, EU". TERRA, Vol. 18 N° 3. Pp. 180 – 185.
- Mitton, J. B. y M. C. Grant (1996). "Asociation among protein Heterozygosity, grow rate and Developmental homeostasis". BioScience **46**: 25-31.
- Mocoa. (2002). "Propiedades físicas-químicas del suelo y su conservación". MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL PROGRAMA NACIONAL DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA PRONATTA.
- Muñoz-Gant, F.; M. J. Polo Gómez y J.V. Giráldez Cervera, (1999), Modificación de algunas propiedades físicas en un suelo del Valle del Guadalquivir enmendado con lodos de depuradora.
- Palm, Cheryl. Sanchez, Pedro. Ahamed, Sonya y Awiti, Alex. (2007), "**Soils: A Contemporary Perspective**". Annual Review of Environment and Resources, Vol. 32: Pp 99 -129
- Pastor Sáez, J. Narciso (2000). "UTILIZACION DE SUSTRATOS EN VIVEROS". Pastor@hbj.udl.es, TERRA Vol. 17 N° 3. Pp 231 – 235.
- Pereyra, Inclán J. (2007). Efecto De Diferentes Concentraciones Nutritivas en el Desarrollo de la Noa (*Agave victoriae-reginae*). Tesis de la UAAAN-UL, Torreón, Coahuila. Pp. 30.

- R. Álvarez, C. R. Álvarez, H. S. Steinbach, JM Salas y S Grigera, (2002). "MATERIA ORGANICA Y FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN LA PAMPA ONDULADA". Publicado en Informaciones Agronómicas del Cono Sur, N°14. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Ramírez, D. B., G. G. Cervantes, J. A. C. Wong, A. F. Hernández, I. S. Cohen (2004). "Morfología de plántulas de Noa (*Agave Victoriae-reginae*) analizadas por imagen como estudio de aproximación". Agrofaz: publicación semestral de investigación científica, ISSN 1665-8892, Vol. 4, N° 2, pág. 649-656.
- Rascón A. Emilio, Peña C. Edmundo, López C. Rubén, Cantú S. Mario y Narro F. Eduardo A. (2005). "Impacto en Algunas Propiedades Físicas del suelo Por Aplicación de Aguas Residuales". UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, TERRA LATINOAMERICANA. Vol. 26. Núm. 1. Pp. 69- 74.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A. Ponce de León J., Hill, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA, Dpto. SUELOS y AGUAS. MONTEVIDEO, URUGUAY.
- Sabonaro, Débora Z.; Galbiatti J. Antonio; De Paula Rinaldo.; Soto Gonzales José L. (2009). "Producción de plantas de *Tabebuia heptaphylla* en diferentes sustratos y niveles de irrigación, en condiciones de invernadero". Jaboticabal, San Pablo, Brasil, BOSQUE 30(1): Pp. 27-35. dzsabonaro@hotmail.com.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross (2000). Fisiología de las Plantas. Madrid, Thomson. Pp. 988.
- USDA. 1952. Soil Survey Manual. USDA Handbook 18. USDA. Washington, DC.

APÉNDICE

DATOS DE MARZO DEL 2009

	T1R1		T2R1		T3R1		T4R1		T5R1		T6R1	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	5	5	6	9	6	5	4	5	5	6	6	6
P2	6.5	5	6	9	5.5	5	4	6	5.5	6	5.5	7
P3	5	6	6	7	5	7	4.5	6	5	5	5.5	6
P4	5.5	6	6.5	8	5.5	7	4	6	5	6	5.5	7
P5	5	5	6.5	5	5.5	5	4	5	5.5	5	6	7
PROMEDIO	5.4	5.4	6.2	7.6	5.5	5.8	4.1	5.6	5.2	5.6	5.7	6.6
	T1R2		T2R2		T3R2		T4R2		T5R2		T6R2	
	DOSEL (cm)	# HOJAS	DOSEL (cm)	#HOJAS	DOSEL (cm)	# HOJAS						
P1	4.5	7	7.5	8	5.5	6	4	5	5.5	7	5.5	7
P2	5	5	7	8	6	5	4	5	5.5	6	5	7
P3	5	6	7	7	5	6	4	7	5	7	5	6
P4	6	7	7.5	6	5	5	4	6	5.5	7	4	6
P5	5	6	5.5	9	6	6	4	6	5	7	5.5	8
PROMEDIO	5.1	6.2	6.9	7.6	5.5	5.6	4	5.8	5.3	6.8	5	6.8
	T1R3		T2R3		T3R3		T4R3		T5R3		T6R3	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	5.5	5	5.5	10	5	6	5	5	5	7	5.5	8
P2	5	5	8	9	4	6	4	7	5	6	4.5	6
P3	5	6	6	9	5.5	6	4	6	6	6	6	6
P4	5	7	8	9	5.5	6	4	5	5	6	4	6
P5	6	7	6	8	5	5	4.5	5	4.5	6	4.5	7
PROMEDIO	5.3	6	6.7	9	5	5.8	4.3	5.6	5.1	6.2	4.9	6.6
	T1R4		T2R4		T3R4		T4R4		T5R4		T6 R4	
	DOSEL (cm)	# HOJAS	DOSEL (cm)	#HOJAS	DOSEL (cm)	# HOJAS						
P1	5.5	5	7	8	5	6	4	6	4	8	5	8
P2	5.5	5	7	7	5	6	4	6	6	7	5.5	7
P3	4	7	8	9	5	6	4.5	7	6	6	5	7
P4	5	6	7.5	10	4	6	4.5	6	5	7	5	7
P5	4.5	7	7	7	5	6	4.5	6	6	5	6	7
PROMEDIO	4.9	6	7.3	8.2	4.8	6	4.3	6.2	5.4	6.6	5.3	7.2

T= Testigo, R= Repetición, P= Planta

DATOS DE AGOSTO DE 2009

	T1R1		T2R1		T3R1		T4R1		T5R1		T6R1	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	7	8	8	10	7	6	5	7	6	8	8.5	11
P2	10	7	8.5	9	7.5	8	6	6	6	8	7.5	10
P3	6.5	6	8.5	8	8	10	6	7	7	6	9	10
P4	8.5	10	9.5	9	8	8	7	7	7.5	8	7.5	10
P5	7	6	8	7	6	6	6	6	---	---	7.5	12
PROMEDIO	7.8	7.4	8.5	8.6	7.3	7,6	6	6.6	6.7	7.5	8	10.6
	T1R2		T2R2		T3R2		T4R2		T5R2		T6R2	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	7	9	9.5	10	6.5	8	6	5	7	10	8.5	10
P2	9	9	8.5	9	8	8	5	7	6.5	7	6.5	8
P3	7	8	8.5	8	7.5	8	6	8	6.5	8	8	10
P4	8	10	11	8	7	7	5,5	6	6	7	7	8
P5	8	8	9	9	8.5	8	6	7	7	10	8.5	11
PROMEDIO	7.8	8.8	9.3	8.8	7.5	7,8	5.7	6.6	6.6	8.4	7.7	9.4
	T1R3		T2R3		T3R3		T4R3		T5R3		T6R3	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	9	7	8	11	7	7	7	9	6	8	7	12
P2	7	7	10	11	7	10	7.5	7	7.5	7	7.5	10
P3	7.5	9	9.5	12	6.5	8	5.5	7	9	10	9	9
P4	7.5	11	9	12	7.5	9	6	6	6.5	7	9	9
P5	7	10	9	11	8	9	6	7	7	7	8	10
PROMEDIO	7.6	8.8	9.1	11.4	7.2	8,6	6.4	7.2	7.2	7.8	8.1	10
	T1R4		T2R4		T3R4		T4R4		T5R4		T6 R4	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	7.5	8	8.5	9	6	6	7	9	5	10	8	9
P2	6	7	8.5	10	6	7	7.5	7	7.5	8	7.5	10
P3	7	8	11	11	6.5	8	6.5	8	7.5	10	8	10
P4	6	7	9	10	6	7	6	6	7	11	9	11
P5	6	8	8	8	6.5	7	6	6	7	6	8	12
PROMEDIO	6.5	7.6	9	9.6	6.2	7	6.6	7.2	6.8	9	8.1	10.4

T= Testigo, R= Repetición, P= Planta.

DATOS DE SEPTIEMBRE DE 2009

	T1R1		T2R1		T3R1		T4R1		T5R1		T6R1	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	9	9	9	11	8	8	6.5	8	7	9	9	12
P2	10	8	9.5	11	8	9	7.5	8	7	10	8	11
P3	7	6	8.5	9	9	11	6	7	7.5	8	9	13
P4	8	10	10	12	8	11	8	8	8	8	8	11
P5	8	6	---	---	8	7	7.5	7	---	---	8	13
PROMEDIO	8.4	7.8	9.3	10.8	8.2	9.2	7.1	7.6	7.4	8.8	8.4	12
	T1R2		T2R2		T3R2		T4R2		T5R2		T6R2	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	7.5	10	9.5	12	7.5	12	6	5	8	12	9	12
P2	9	9	9	10	8	9	6.5	10	7	8	7	9
P3	7.5	9	9	9	7.5	10	7	9	7	9	8	11
P4	8	13	9.5	10	7	9	7	5	6	7	7.5	8
P5	9.5	10	9	12	9	10	6	6	8	11	8.5	12
PROMEDIO	8.3	10.2	9.2	10.6	7.8	10	6.5	7	7.2	9.4	8	10.4
	T1R3		T2R3		T3R3		T4R3		T5R3		T6R3	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	9.5	10	8	14	8	9	7	11	6	9	8	13
P2	8.5	10	10.5	13	8	11	8	11	8	8	8.5	13
P3	8.5	10	10	14	7.5	9	6	8	9	11	9	11
P4	8.5	14	9	13	9	11	6	8	7.5	8	9	10
P5	8	12	9.5	11	9	10	6	9	7.5	8	8.5	11
PROMEDIO	8.6	11.2	9.4	13	8.3	10	6.6	9.4	7.6	8.8	8.6	11.6
	T1R4		T2R4		T3R4		T4R4		T5R4		T6 R4	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	7.5	9	9	11	7	9	7	10	5.5	11	8	10
P2	7	8	9.5	12	7	9	8	9	7.5	9	8	11
P3	7	7	11	12	8	10	7	8	7.5	11	8.5	11
P4	7.5	8	9.5	14	7	8	6	7	7.5	12	9	12
P5	7	8	8	9	9	9	7	7	7.5	7	8	13
PROMEDIO	7.2	8	9.4	11.6	7.6	9	7	8.2	7.1	10	8.3	11.4

T= Testigo, R= Repetición, P= Planta

DATOS DE OCTUBRE DE 2009

	T1R1		T2R1		T3R1		T4R1		T5R1		T6R1	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	9	10	9.5	13	8.5	9	6.5	8	7.5	10	9.5	14
P2	10	9	10	12	8.5	10	7.5	8	7	11	9	13
P3	8	7	9	10	9	11	6.5	7	7.5	9	9.5	14
P4	8.5	12	10	13	8	13	8	9	8.5	10	8.5	13
P5	9	7	---	---	8	9	7.5	8	---	---	9.5	16
PROMEDIO	8.9	9	9.7	12	8.4	10.4	7.2	8	7.7	10	9.2	14
	T1R2		T2R2		T3R2		T4R2		T5R2		T6R2	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	8	12	10	13	7.5	13	6.5	6	8.5	14	9.5	14
P2	9	10	10	11	9	11	6.5	10	7	10	7.5	10
P3	8	9	9	10	8	11	7	10	8	10	9	12
P4	8	15	11.5	11	7	10	7.5	7	6.5	7	8	9
P5	9.5	10	9	13	9.5	12	6	7	8.5	13	9	15
PROMEDIO	8.5	11.2	9.9	11.6	8.2	11.4	6.7	8	7.7	10.8	8.6	12
	T1R3		T2R3		T3R3		T4R3		T5R3		T6R3	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	10	11	9	15	8.5	10	7	12	7	11	8	15
P2	9	11	10.5	13	8	11	8	12	9	11	9	14
P3	8.5	11	10	14	8	11	6	9	9	12	10	12
P4	8.5	15	9.5	14	9	13	6	9	8.5	9	9.5	10
P5	8	13	9.5	12	9	11	6.5	11	8	9	9.5	13
PROMEDIO	8.8	12.2	9.7	13.6	8.5	11.2	6.7	10.6	8.3	10.4	9.2	12.8
	T1R4		T2R4		T3R4		T4R4		T5R4		T6 R4	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	9	10	9.5	12	7	10	7.5	11	6.5	13	8.5	13
P2	7.5	10	9.5	12	7	10	8.5	11	8.5	10	9	13
P3	8	8	11.5	14	8	12	7	9	8	13	9	14
P4	8	9	10	16	7	9	7	9	9	13	9.5	13
P5	7	10	8	10	9.5	9	7	8	8	8	8.5	15
PROMEDIO	7.9	9.4	9.7	12.8	7.7	10	7.4	9.6	8	11.4	8.9	13.6

T= Testigo, R= Repetición, P= Planta

DATOS DE NOVIEMBRE DE 2009

	T1R1		T2R1		T3R1		T4R1		T5R1		T6R1	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	9.5	11	10	14	8.5	10	7	9	7.5	10	10	15
P2	10.5	9	10	13	9	10	8	9	7	12	9	13
P3	9	7	9	10	9	12	7	7	8	9	9.5	15
P4	8.5	12	11	14	8.5	14	8	9	9	10	9	15
P5	9	7	---	---	8	10	8	8	---	---	9.5	17
PROMEDIO	9.3	9.2	10	12.8	8.6	11.2	7.6	8.4	7.9	10.3	9.4	15
	T1R2		T2R2		T3R2		T4R2		T5R2		T6R2	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	9	13	10.5	14	7.5	13	7	6	8.5	14	10	15
P2	9	11	10	12	9	12	7	10	7.5	10	8	12
P3	8	9	9.5	11	8	11	7.5	10	8	10	9	13
P4	8	15	11.5	12	8	10	7.5	7	7	8	8.5	10
P5	10	11	9	13	10	12	7	7	9	13	9.5	16
PROMEDIO	8.8	11.8	10.1	12.4	8.5	11.6	7.2	8	8	11	9	13.2
	T1R3		T2R3		T3R3		T4R3		T5R3		T6R3	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	10	11	9.5	15	---	---	7	12	7	11	9	16
P2	9.5	11	10.5	14	8	11	8	13	9	11	9.5	15
P3	9	12	9.5	15	8	11	7	9	10	12	10.5	14
P4	8.5	16	9.5	14	9	14	6	9	9	9	10.5	12
P5	8	14	10	14	9.5	11	7	12	8.5	9	10.5	15
PROMEDIO	9	12.8	9.8	14.4	8.7	11.8	7	11	8.7	10.4	10	14.4
	T1R4		T2R4		T3R4		T4R4		T5R4		T6 R4	
	DOSEL (cm)	# HOJAS										
P1	9	12	10	13	7	10	7.5	11	7	13	9	15
P2	8	11	10	14	8	10	8.5	11	8.5	10	9.5	14
P3	8.5	9	12	14	8	12	8	9	8	13	9.5	15
P4	8	9	10	16	7	9	8	9	9	15	10	14
P5	8	10	8.5	10	9.5	9	8	9	8.5	9	10	16
PROMEDIO	8.3	10.2	10.1	13.4	7.9	10	8	9.8	8.2	12	9.6	14.8

T= Testigo, R= Repetición, P= Planta