

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

TESIS

AZADIRACHTA INDICA (A. JUSS) EN NICARAGUA
RESULTADOS:
BIOMASA AEREA COMO FUENTE DE LEÑA EN DOS
PLANTACIONES DIFERENTES

AUTOR: ROSARIO VERONICA SOTELO CONTRERAS
ASESOR: ING.AGRON. JUAN FRANCISCO DELGADILLO

MANAGUA, NICAPAGUA

1988, POR UNA PAZ DIGNA: PATRIA LIBRE O MORIR ii

DEDICATORIA

A mi querida madre:

Rosario Contreras

y mis hermanos

AGRADECIMIENTO

Este estudio fue realizado gracias al apoyo técnico brindado por todo el personal del Proyecto Leña de IRENA Y a su Director el ingeniero Miguel Reyes.

A la Dirección de Fuentes Alternas de Energía de I.N.E. por el apoyo logístico brindado.

Mi profunda gratitud a la Lic. Raquel Chavarría por sus primeras orientaciones sobre el estudio.

Al ingeniero M. S. Ben Chang, agradezco su valiosa ayuda de los análisis en la computadora.

Mi aprecio a mi amigo y compañero de estudios Alejandro Sequeira por su colaboración en todo el período de trabajo.

Mi estimación a Isabel Collado por su gran dedicación al mecanografiar el trabajo.

Quiero expresar las gracias al ingeniero Juan Francisco Delgadillo por su vasta experiencia y la excelente asesoría brindada para la conclusión del trabajo.

Quiero agradecerles a mis amigos por su apoyo moral.

CONTENIDO

Sección	Páginas
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vii
SIMBOLOGIA	viii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCION	1
1.1. Descripción de la especie	3
II. METODOLOGIA	8
2.1. Materiales	8
2.2. Métodos	12
III. DESARROLLO	13
3.1. Resultados	13
3.1.1. Distribución de frecuencia	17
3.1.2. Parámetros de crecimiento	18
3.1.3. Parámetros de rendimiento	19
3.1.4. Peso Seco	23
3.1.5. Diferencias entre sitios	24
3.1.6. Componentes de la biomasa	24
3.1.7. Ecuaciones que predicen el rendimiento	26
3.2. Discusión	28
IV. CONCLUSIONES	34
V. RECOMENDACIONES	37
VI. BIBLIOGRAFIA	38

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1.	Resumen de datos edafo-climáticos, para <u>Azadirachta indica</u> según ubicación geográfica.....	8
3.1.	Rangos de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para d en mm, sitio Santa Isabel.....	14
3.2.	Rangos de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para db en mm, sitio Santa Isabel.....	14
3.3.	Rangos de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para dc en mm, sitio Santa Isabel.....	15
3.4.	Rangos de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para h en dm, sitio Santa Isabel.....	15
3.5.	Rangos de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para d en mm <u>por eje</u> , sitio Guanacaste.....	16
3.6.	Rangos de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para d en mm por árbol (transformada), sitio Guanacaste.....	16
3.7.	Rangos de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para db en mm, sitio Guanacaste.....	17
3.8.	Rangos de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para dc en dm, sitio Guanacaste.....	17
3.9.	Rangos de clase, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en por ciento para h en dm, sitio Guanacaste.....	17
3.10.	Parámetros de crecimiento: promedio, coeficiente de variación, número de la muestra, incremento medio anual para diámetro, diámetro basal, diámetro de copa y altura total del sitio Santa Isabel. Edad 63 meses, especie <u>A. indica</u>	18

3.11.	Parámetros de crecimiento: promedio, coeficiente, variación, número de muestra, incremento medio anual para diámetro por árbol transformado, diámetro por eje, diámetro basal, diámetro de copa y altura total del sitio Guanacaste. Edad 42 meses. Especie <u>A. indica</u>	18
3.12.	Parámetro de rendimiento por árbol verde: promedio coeficiente de variación, número de la muestra e incremento medio anual para <u>A. indica</u> a 63 meses, sitio Santa Isabel.....	19
3.13.	Parámetro de rendimiento por unidad de área en verde y en seco, promedio e incremento medio anual <u>A. indica</u> a 63 meses en sitio Santa Isabel.....	20
3.14.	Parámetros de rendimiento por árbol verde: promedio coeficiente de variación, número de la muestra, incremento medio anual para <u>A. indica</u> a 42 meses en sitio Guanacaste.....	21
3.15.	Parámetros de rendimiento por unidad de área en verde y en seco: promedio e incremento medio anual para <u>A. indica</u> a 42 meses en sitio Guanacaste.....	22
3.16.	Relación de peso seco sobre peso verde (R) y porcentaje de humedad para fuste y follaje de <u>A. indica</u> en sitio Santa Isabel.....	23
3.17.	Relación de peso seco sobre peso verde (R) y porcentaje de humedad para fuste y follaje de <u>A. indica</u> en sitio Guanacaste.....	23
3.18.	Parámetros de crecimiento expresados en porcentajes de las diferencias absolutas y relativas entre los dos sitios.....	24
3.19.	Parámetros de rendimiento expresados en porcentajes de las diferencias absolutas y relativas en verde y en seco entre los dos sitios.....	25
3.20.	Componentes de la biomasa aérea de los dos sitios expresados en porcentaje en seco y en verde.....	26
3.21.	Ecuaciones que predicen el rendimiento verde en kg. de <u>A. indica</u> , coeficiente de determinación (r^2) y coeficiente de regresión (r) para los ocho modelos probados en sitio Santa Isabel y Guanacaste.....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2.1.	Ubicación de las parcelas de <u>A. indica</u> en sitios de estudio.....	11
3.1.	Histograma de frecuencia absoluta para d en mm por árbol, sitio Santa Isabel.....	14
3.2.	Histograma de frecuencia absoluta para db en mm, <u>si</u> tio Santa Isabel.....	14
3.3.	Histograma de frecuencia absoluta para dc en mm, <u>si</u> tio Santa Isabel.....	15
3.4.	Histograma de frecuencia absoluta para h en dm, <u>si</u> tio Santa Isabel.....	15
3.5.	Histograma de frecuencia absoluta para d en mm, por eje, sitio Guanacaste.....	16
3.6.	Histograma de frecuencias absoluta para d en mm, por árbol, sitio Guanacaste.....	16
3.7.	Histograma de frecuencia absoluta para db en mm, sitio Guanacaste.....	17
3.8.	Histograma de frecuencia absoluta para dc en dm, sitio Guanacaste.....	17
3.9.	Histograma de frecuencia absoluta para h en dm, sitio Guanacaste.....	17

SIMBOLOGIA

bs-T	bosque seco tropical
bh-s	bosque húmedo subtropical
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
cv%	coeficiente de variación en porcentaje
dmm	diámetro a la altura del pecho en milímetro
db mm	diámetro basal en milímetros
dc mm	diámetro de copa en decímetros
DNRN	Dirección Nacional de Recursos Naturales (Nicaragua)
DRNR	Dirección de Recursos Naturales Renovables (Costa Rica)
e	espaciamiento
estéreo	Volumen de leña apilada en un metro cúbico de espacio
fa	frecuencia absoluta
fr%	frecuencia relativa en porcentaje
fra%	frecuencia relativa acumulada en porcentaje
G	área basal por unidad de área m^2/ha .
GJ/t	Giga Joule por tonelada
g	área basal por árbol a 1.30 metros
gr/cm ³	gramos por centímetros cúbicos
h/2	mitad de la altura del árbol
d dm	altura total en decímetros
ha/año	hectárea por año
i	incremento medio anual
IRENA	Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente
kg	unidad de peso rendimiento por árbol
msnm	metros sobre el nivel del mar

n	números (árbol, años, etc.)
N	número total de árboles por unidad de área
p	crecimiento relativo porcentual
pma	precipitación media anual
R	relación de peso seco sobre peso verde
tma	temperatura media anual
t	tonelada
TEP	toneladas equivalentes a petróleo
v	volumen del árbol individual
V	volumen total por unidad de área m ³ .

RESUMEN

A través de este estudio se presentan los resultados obtenidos en la cuantificación de la biomasa y evaluación del crecimiento y rendimiento del A. indica en dos sitios de Nicaragua.

La metodología empleada fue tomada en las normas para la investigación silvicultural de especies de leña del CATIE.

Los resultados obtenidos del estudio, en cuanto al crecimiento medio anual, en diámetro osciló entre 17.5 mm y 19.1 mm; para diámetro basal, entre 21.3 mm y 35.4 mm; en diámetros de copa entre 3.4 dm y 9.1 dm; y la altura varía entre 13.4 dm y 19.0 dm.

En cuanto al rendimiento por árbol, el incremento medio anual para peso de fuste, varía entre 6.4 kg. y 7.0 kg; el peso de rama entre 1.0 kg. y 2.0 kg; el peso de follaje entre 0.94 kg y 1.9 kg; el peso de leña entre 7.4 kg. y 9.0 kg; y el peso total en verde oscila entre 8.0 kg. y 10.9 kg.

El crecimiento medio anual del volumen estéreo varía entre 34.5 m³/ha. y 35.4m³/ha; y el volumen sólido total con corteza está entre 9.3 m³/ha. y 15.8m³/ha. en verde.

El componente de la biomasa aérea verde varía entre 64% y 76% para fuste; entre 13% y 19% para ramas; entre 11% y 17% para follaje; y entre 82% y 92% para leña.

En seco el porcentaje para fuste varía entre 64% y 79%; para rama entre 13% y 20%; para follaje varía entre 7% y 13%; y para leña entre 93% y 97%.

Se presentan ocho ecuaciones que predicen el rendimiento en kg, para las variables del árbol como; fuste, rama, follaje y total.

El A. indica mostró una buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas de Nicaragua.

Se atribuye al clima más húmedo el mayor incremento volumétrico en Santa Isabel y a la fertilidad de las arcillas, del vertisol el incremento en peso de Guanacaste.

Por tanto, es recomendable ejecutar plantaciones de neem con fines energéticos en las áreas vertisoles.

I. INTRODUCCION

Tradicionalmente en Nicaragua, los dos tercios del total de la población utilizan leña como fuente de energía para usos domésticos, el 95% corresponde a los habitantes rurales y el 50% a los habitantes de zonas urbanas.

INE et al (8) enfoca la situación de biomasa en Nicaragua como un desequilibrio entre la disponibilidad de leña en pie y la demanda, ya que aunque existe un 37% de la superficie con cubierta boscosa, y aparente un gran potencial maderero, desafortunadamente la mayor parte de estos bosques están ubicados en la zona Atlántica y Central del país que son las áreas menos pobladas.

Son muchos los factores que afectan la existencia de los bosques secos tropicales. En la Región del Pacífico de Nicaragua los principales son:

- La excesiva eliminación de árboles maderables
- El sobre pastoreo
- Y la concentración de población en la periferia de las áreas boscosas.

Es indiscutible que habrá que tomar alguna acción para encontrar un suministro rápido de leña para fines energéticos ya que las fuentes naturales paulatinamente reducen su existencia y las pocas existentes se encuentran como bosques de protección o en áreas de reservas.

Fuera del marco tradicional, hoy en Nicaragua, las plantaciones energéticas constituyen una nueva modalidad dentro de las explotaciones forestales y las sitúa más cerca de la agricultura de tierras marginales no aptas para cultivos agrícolas, usando especies adaptadas y de rápido crecimiento.

La creciente demanda del mercado interno motiva la posibilidad de alcanzar un mayor y mejor uso de la tierra y del medio ecológico.

IRENA hace esfuerzos por cumplir la misión de conservar los recursos forestales existentes y desarrollar programas de plantaciones con fines energéticos, y es a través del proyecto Leña que ha realizado ensayos de mostrativos para estudiar el comportamiento de las especies tanto nativas como introducidas.

Una de estas especies introducidas es el leem, Azadirachta indica (A. Juss), de acuerdo a las experiencias de los países de origen, presenta sus características ecológicas como adaptables a nuestro medio y con posibilidad de obtenerse óptimos rendimientos en zonas áridas y semi-áridas.

Fue introducida a Nicaragua en 1975 por una misión forestal Británica y plantado en San Isidro, departamento de Matagalpa utilizando semillas procedentes de Nigeria. En años posteriores fueron plantados en diferentes lugares del país, para darle seguimiento a través de la investigación forestal y realizar la evaluación sobre su crecimiento y rendimiento como leña, lo cual se hace hoy por medio de este trabajo de diploma, que se persiguen tres objetivos básicos ya sugeridos en el título:

- 1º Presentar los resultados de la cuantificación de la biomasa aérea en dos plantaciones diferentes.
- 2º Evaluar el crecimiento y rendimiento de leña para cada parcela.
- 3º Encontrar las ecuaciones que predicen el rendimiento a partir de variables de fácil medición.

1.1. Descripción de la especie

Azadirachta indica (Juss), pertenece a la familia de las Meliaceas y en América Central se le conoce como Neem, es nativo de los bosques secos y regiones áridas, y prospera bien en áreas tropicales.

Según la National Academy of Sciences (13), el Neem es una planta nativa de las regiones secas de la India y Tailandia, Chang(3), indica que es nativa de los bosques secos de Birmania y parte central oriental de la India, ha sido plantado extensivamente en la India, Pakistán, Sri Lanka, Malasia e Indonesia.

El CATIE (1), afirma que es una especie potencialmente promisorio para las zonas subhúmedas y secas de América Central, habiendo sido plantado en pequeños rodales en Nicaragua y en Honduras.

Bereswiler* señala que el Neem es originario de la India, existiendo desde tiempos inmemoriales. Muchas veces es el único tipo de árbol existente en tierras áridas agrícolas.

1.1.1. Requerimientos Climáticos:

Una de las cualidades del neem, es que sobrevive a temperatura hasta de 44°C a la sombra y ocasionalmente soporta temperaturas cercanas o menores a los 0°C, en América Central se ha plantado en sitios con temperatura promedio anual de 25°C, desde el nivel del mar hasta los 1150 msnm.

En cuanto a la precipitación, se adapta en las zonas áridas tropicales y subtropicales desde 450 mm a 1150 mm por año, sin embargo tolera hasta 130 mm por año.

*Folleto no publicado.

Soporta largos períodos de sequía CATIE (2), reporta déficit hídrico hasta de ocho meses.

1.1.2. Suelos

En cuanto a suelos no es muy exigente y se adapta bien a la mayoría de los suelos con excepción de suelos anegados y arena secas profundas, tampoco crece bien en los suelos alcalinos. Requiere un pH de 6.2 o superior, aunque crece con pH de 5.0 ya que las hojas rasca de sus ramas contribuye a que la superficial del suelo alcance un pH neutro.

Las raíces tienen capacidad de extraer nutrientes y humedad aún en suelos muy lavados.

1.1.3. Botánica.

En cuanto a sus características botánicas el neem es un árbol de rápido crecimiento, porte mediano y fuste recto con ramas esparcidas, hojas compuestas y siempre verde a excepción en períodos de extrema sequía, la corteza es gris y moderadamente gruesa, con duramen duro y resistente. La madera es relativamente pesada su peso específico promedio es de 0.68 y varía de 0.56 a 0.85.

El árbol rebrota fácilmente con crecimiento superior al crecimiento de las plantaciones iniciales.

En siembra directa de semilla fresca y bajo abrigo de vegetación existentes se obtiene un tipo de propagación, pero el crecimiento inicial se observa más lento que en vivero, y en envase de plástico.

Una de las características del neem es desarrollar un interno sistema radicular antes de acelerar su crecimiento aéreo.

1.1.4. Usos

Esta especie tiene mucha aceptación en los países pobres como el nuestro, debido a sus múltiples usos. Posee un gran potencial energético por la característica de su madera y los aceites de sus semillas. Posee propiedades mejoradoras de suelos, hojas y ramas (mulch) y como fertilizante se usa el residuo o torta de semillas, la cual tiene nutrientes varias veces superior al que se encuentra en el estiércol (13). La corteza contiene de 12% a 14% de taninos. El aceite de Neem además de combustible y lubricante se emplea en la fabricación de jabones, productos farmacéuticos y cosméticos.

La semilla y las hojas producen azadirachtina, se presenta como prometedora en la industria insecticida, como repelente de insectos y nemátodos actúa en forma sistemática.

IREMA en coordinación con MIDINRA están realizando una plantación para producción de leña y semillas, ésta como materia prima de insecticida.

1.1.5. Crecimiento y Rendimiento

Una de las características sobresalientes de la especie y que fue tomado en cuenta para realizar esta investigación, es su rápido crecimiento. La National Academy of Sciences y CATIE (13), reporta experiencia en los países de origen donde la tasa de crecimiento de las plantaciones jóvenes después del primer año es bastante rápido.

Como regla general el incremento medio anual de la circunferencia es de 2.3 cm, a 3.0 cm. En parcelas de ensayo diferentes, la altura del árbol fluctúa entre 4.0 m y 7.0 m, después de los primeros tres años y de 5.0 m a 11.0 m en rodales de ocho años de edad.

En Africa Occidental se cultiva generalmente en rotaciones de ocho años, con espaciamento inicial entre árboles de 2,4 m por 2,4 m, en Nicaragua y Honduras se ha plantado en espaciamento de 2,0 m. por 2,0 m, 1,0 m. por 2,0 m y 2,5 m por 2,6 m.

El CATIE (2), reporta que el crecimiento en altura del neem es más lento a partir del sexto año, como lo sucedido en Sébaco Nicaragua, aunque este aspecto debe de investigarse en lo futuro.

Chang (3), al realizar comparaciones usando la prueba de tukey, determinó que el neem obtuvo mayores alturas que las otras especies ensayadas, y al comparar el incremento porcentual entre especies, ésta presentó sorprendentes magnitudes de crecimiento, considerando que esta altura del neem se daba al crecimiento continuo en el campo, ya que no fue afectado por plagas, ni por secado regresivo, por lo tanto su crecimiento inicial y sobrevivencia de 73% presentando un comportamiento aceptable. Aunque el autor sugiere que es necesario que en lo futuro se evalúe en período más prolongado.

Gómez D. (6) encontró que en sitios adecuados el neem mostró un rápido crecimiento de acuerdo a criterios ya establecidos, con adecuada resistencia al fuego y alta capacidad de rebrote.

Aunque es bien sabido la cualidad del neem de repeler a los insectos debido a sus sustancias tóxicas, en Nicaragua se ha observado presencia de chapulines en la etapa de su desarrollo, además ataque de zompopos y algunos Coleópteros que atacan los tallos jóvenes.^{1/}

En Ghana los rendimientos obtenidos en leña en la primera rotación fue de 108 m³/ha. a 137 m³/ha. y en Samaru norte de Nigeria el rendimiento de árboles de ocho años de edad fluctuó entre 19,0 m³/ha. y 169 m³/ha. (13).

^{1/}Información suministrada por Don Julio Moya Proyecto Leña IRENA 1987.

Según experiencia de crecimiento en altura de la especie en América Central, (Nicaragua y Honduras) el CATIE (2), reporta que el neem ha obtenido óptimos crecimientos en suelos vérticos hasta alturas de 9.3 m en espaciamiento 2.0 m x 2.0 m, con déficit hídrico hasta de ocho meses, con edad de 110 meses.

Y en suelos Mollic Ustropept ha obtenido altura promedio de 7.3 mts. con espaciamiento de 2.5 m. x 2.5 m., con déficit hídrico hasta de siete meses, con edad de 34 meses.

II. METODOLOGIA

2.1. Materiales

Para cuantificar la producción de biomasa, fueron seleccionadas dos parcelas en ensayos ya establecidos; en León el sitio Santa Isabel y en Managua el sitio Guanacaste, éstos presentaron diferentes características.

El área útil para cada parcela fue de 100 metros cuadrados, con espaciamiento igual de 2.0 m x 2.0 m en cada una de ellas.

La fuente de las semillas para cada ensayo fue de Sébaco, Nicaragua, con procedentes de Nigeria.

Para cada árbol se midieron las siguientes variables:

- d en mm con cinta diamétrica
- db en mm con cinta diamétrica
- dc en dm con cinta diamétrica
- h en dm con vara telescópica

Se utilizó formulario de campo diseñado para cuantificación de leña y follaje, form 28 DR NR del CATIE (1).

En el cuadro 2.1 se presenta el resumen de datos edafoclimáticos de A. indica según la ubicación geográfica.

Cuadro 2.1. Resumen de datos edafo-climáticos, para A. indica, según ubicación geográfica.

Sitios	Ubicación Geográfica Lat x Long.	Altitud ms nm	Datos Climáticos. tma. °C pma mm	Zona de vida ö	Suelos (11)
Nicaragua, Santa Isabel.	12°23' x 86°53'	70	27.4	1159	bh-S Inceptisoles.
Nicaragua Guanacaste.	12°22' x 86°08'	100	29.2	867	bs-T Vertisoles, Vérticos.
Birmania India.	13°22' x 86°60'	50-1500	0-44.0	300-1150	bs-T Vérticos bh-S

ö Según Holdrige

2.1.1. Santa Isabel

Localizada a 85 kilómetros sobre la carretera que conduce a la ciudad de León. Este sitio anteriormente fue utilizado para cultivar pastos, en sus áreas aledañas se encuentran cultivos anuales en época seca se practican quemas y posteriormente gradeos. IRENA, a través del Proyecto de Control de Erosión de Occidente (PCEO), realizó esta plantación con fines demostrativos y para producción de semillas (9). Se seleccionó este sitio para el presente estudio por tener la mayor sobrevivencia por parcela, además, de la edad considerada para su aprovechamiento, el momento del corte el neem tenía 5.25 años. Experiencia obtenida en otros países como Ghana (13) señala que su ciclo de corte es a los 8 años.

MAG (10), señala que Santa Isabel tiene suelos casi planos, levemente erosionados y profundos, francos en la superficie y en el subsuelo bien drenados, moderadamente permeable, retención de humedad disponible, moderadamente alta. El contenido de materia orgánica es moderadamente alta en la superficie y moderadamente en el subsuelo. Estos suelos tienen una cantidad moderadamente de bases intercambiables y la saturación de bases es de aproximadamente 65%. El potasio asimilable es medio pero el fósforo es muy bajo.

Los suelos de Santa Isabel se clasifican en órdenes Inceptisoles, comprendido dentro de la serie Guadalupe (11). Según la clasificación de Holdrige esta zona se encuentra dentro del bosque húmedo Subtropical (bh-S).

2.1.2. Guanacaste

Localizado a 2.8 kilómetros de la carretera Panamericana que conduce a San Francisco Libre, departamento de Managua.

Anteriormente en este sitio existían cultivos anuales y periódicamente realizaban prácticas agronómicas. En áreas aledañas existen barbechos, actividad ganadera y cultivos anuales.

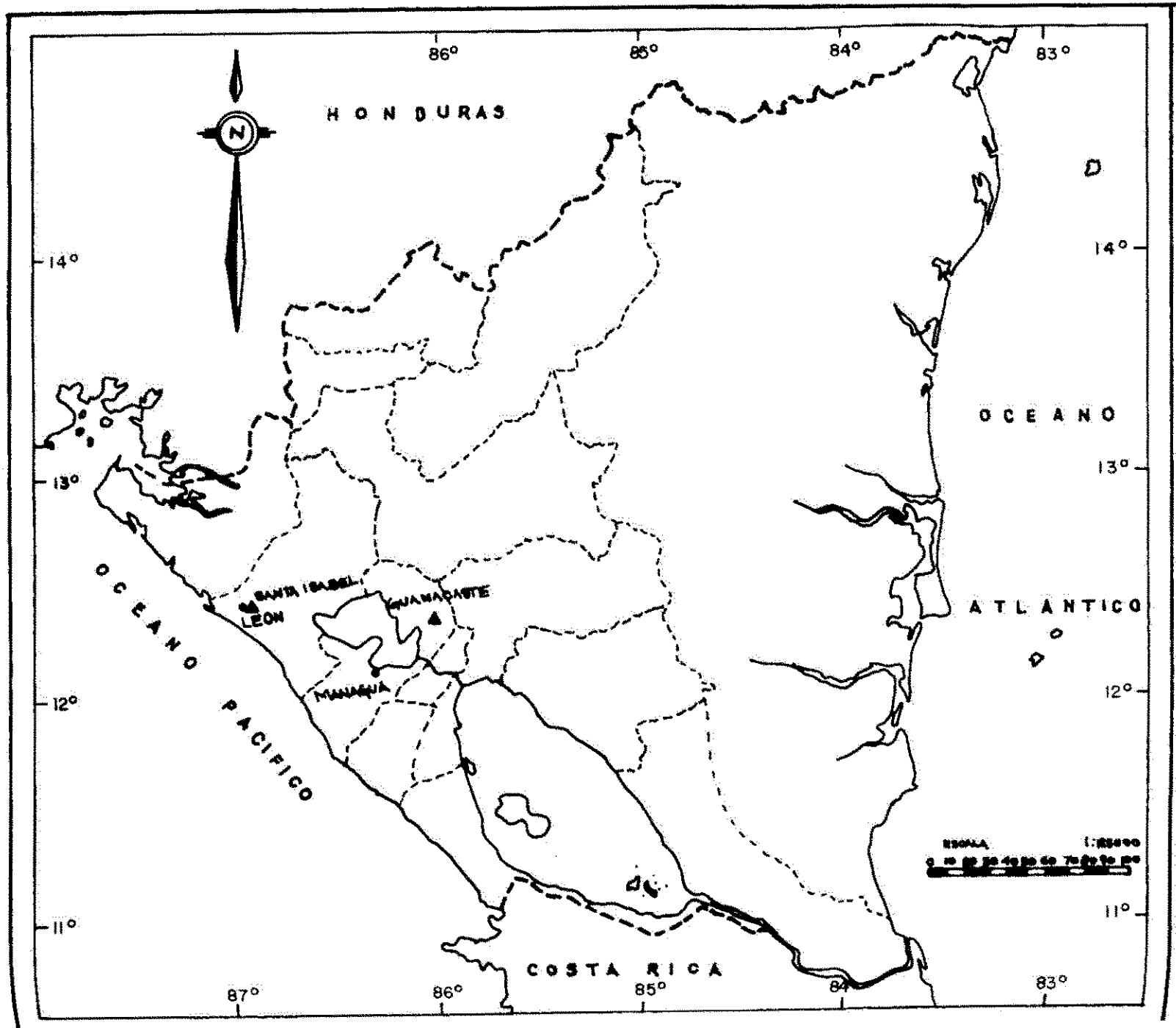
Se seleccionó este sitio, porque en 1983, Chang (3), realizó ensayo experimental en arreglo de parcela dividida para comprobar el comportamiento de seis especies forestales entre ellas está el neem, al momento de cosecharlo tenía 3.5 años de edad.

Los árboles en éste sitio, se caracterizaban por el número de ejes por árbol y lo frondoso de sus copas; aún cuando la época seca estaba presente. Según la clasificación de Holdrige esta zona es bosque seco tropical (bs-T).

Chang (3), hace referencia en su estudio, que los suelos son vertisol de consistencia pesada con capa superficial dura; de consistencia plástica y adhesiva en estado húmedo y dura de estado seco. La textura arcillosa alcanza un 72% de arcilla y el subsuelo es arenoso.

El potencial hidrógeno varía de ligeramente ácido a alcalino, los valores de las capas superficiales de las arcillas negras varían entre 6.6 y 8.1; existen tendencia al aumento de acidez de acuerdo a la profundidad. Estos suelos son bajos en materia orgánica inferior al 2%, por lo que el contenido de nitrógeno es bajo de 0.07% a 0.24% bajo en fósforo y muy bajo en zinc.

FIGURA 2.1. UBICACION DE LAS PARCELAS DE A. INDICA EN SITIOS DE ESTUDIO



2.2. Método

Una vez seleccionadas las parcelas en cada sitio, se procedió a la cuantificación de cada una de las variables, la metodología utilizada fue la establecida por CATIE (1), en este caso no se cuantificó flores ni frutos.

Recopilados y ordenados los datos de campo después se procedió a realizar análisis de distribución de frecuencia para los diámetros y alturas, luego se calcularon los parámetros de posición y dispersión por medio de calculadora manual.

A través de una computadora se realizó análisis de regresión múltiple con el fin de encontrar los modelos de mejor ajuste y determinar ecuaciones que pronostiquen el rendimiento para cada sitio, en cuanto a peso de fuste, ramas, follaje, y total.

III. DESARROLLO

3.1. Resultados

3.1.1. Distribución de Frecuencia.

Se presentan los cuadros y figuras de la distribución de frecuencia para los parámetros de crecimiento, primero para el sitio Santa Isabel y luego para el sitio Guanacaste.

3.1.1.1. Sitio Santa Isabel; d en mm cuadro 3.1. y figura 3.1; db en mm cuadro 3.2 y figura 3.2; dc en dm cuadro 3.3 y figura 3.3; h en dm cuadro 3.4 y figura 3.4.

3.1.1.2. Sitio Guanacaste; d en mm por eje cuadro 3.5 y figura 3.5; d en mm por árbol cuadro 3.6 y figura 3.6; db en mm cuadro 3.7 y figura 3.7; dc en dm cuadro 3.8 y figura 3.8; h en dm, cuadro 3.9 y figura 3.9.

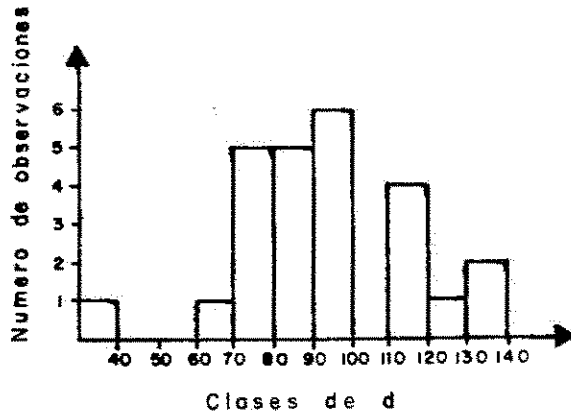


Fig. 3.1 Histograma de frecuencia absoluta para d en mm. por árbol.
Sitio Sta. Isabel

Cuadro: 3.1 Rangos de clase, frecuencia relativa en por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para d en mm
Sitio Sta. Isabel

rango mm.	fa	fr%	fra%
30 - 39	1	4	4
40 - 49	-	-	-
50 - 59	-	-	-
60 - 69	1	4	8
70 - 79	5	20	28
80 - 89	5	20	48
90 - 99	6	24	72
100 - 109	-	-	-
110 - 119	4	16	88
120 - 129	1	4	92
130 - 139	2	8	100

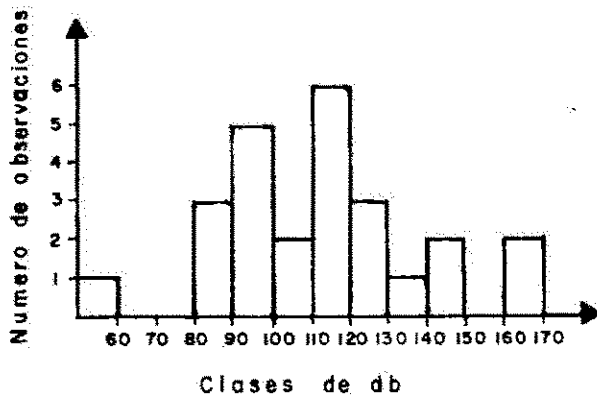


Fig. 3.2 Histograma de frecuencia absoluta para db en mm.
Sitio Sta. Isabel

Cuadro: 3.2 Rangos de clases, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en por ciento y frecuencia relativa acumulada en por ciento para db en mm.
Sitio Sta. Isabel

rango mm.	fa	fr%	fra%
50 - 59	1	4	4
60 - 69	-	-	-
70 - 79	-	-	-
80 - 89	3	12	16
90 - 99	5	20	36
100 - 109	2	8	44
110 - 119	6	24	68
120 - 129	3	12	80
130 - 139	1	4	84
140 - 149	2	8	92
150 - 159	-	-	-
160 - 169	2	8	100

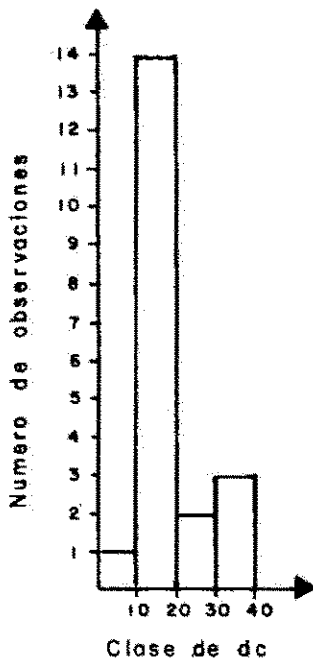


Fig. 3.3 Histograma de frecuencia absoluta para dc en dm.
Sitio Sta. Isabel

Cuadro: 3.3 Rangos de clases, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en porcentaje y frecuencia relativa acumulada en porcentaje para dc en dm.
Sitio Sta Isabel

rango mm.	fa	fr%	fra%
0 - 09	1	4	4
10 - 19	14	76	80
20 - 29	2	8	88
30 - 39	3	12	100

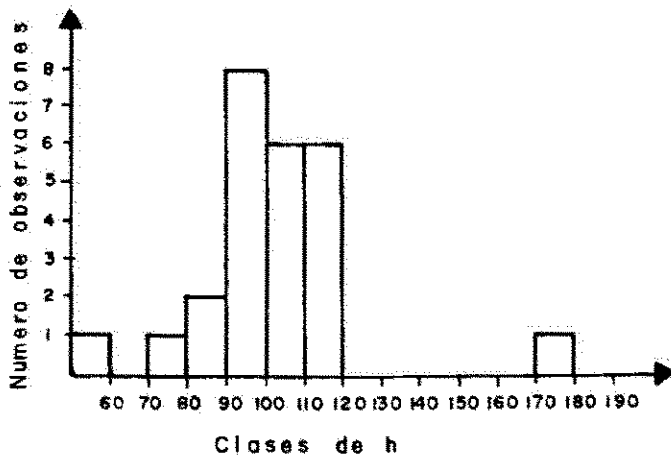
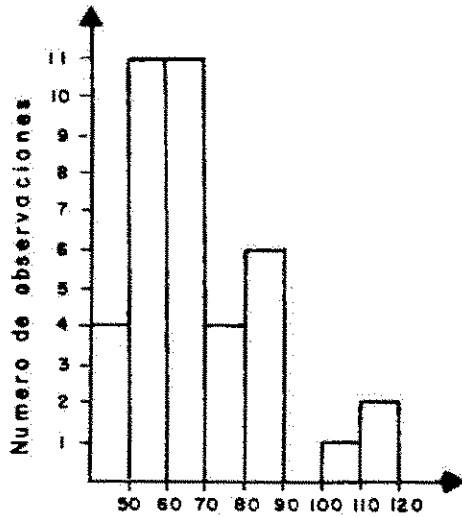


Fig 3.4 Histograma de frecuencia absoluta para h en dm.
Sitio Sta. Isabel

Cuadro: 3.4 Rangos de clases frecuencia relativa en porcentaje y frecuencia relativa acumulada en porcentaje para h en dm.
Sitio Sta. Isabel

rango mm.	fa	fr%	fra%
50 - 59	1	4	4
60 - 69	-	-	-
70 - 79	1	4	8
80 - 89	2	8	16
90 - 99	8	32	48
100 - 109	6	24	72
110 - 120	6	24	96
170 - 179	1	4	100



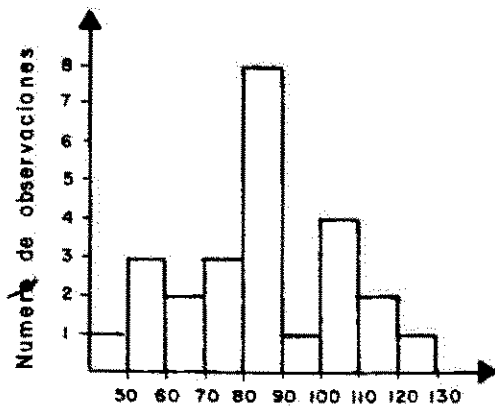
Clases de d por eje

Fig 3.5. Histograma de frecuencia absoluta para d en mm. por eje.
Sitio Guanacaste

Cuadro 3.5 Rangos de clases, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en porciento y frecuencia relativa acumulada en porciento para d por eje.

Sitio Guanacaste

rango mm.	fa	fr %	fra %
40 - 49	4	10	10
50 - 59	11	28	38
60 - 69	11	28	66
70 - 79	4	10	76
80 - 89	6	15	91
90 - 99	-	-	-
100 - 109	1	3	94
110 - 119	2	5	99



Clases de d por árbol

Fig 3.6 Histograma de frecuencia absoluta para d por árbol en mm.
Sitio Guanacaste

Cuadro 3.6 Rangos de clases, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en porciento y frecuencia relativa acumulada porciento para d por árbol en mm. transformado

Sitio Guanacaste

rango mm.	fa	fr %	fra %
40 - 49	1	4	4
50 - 59	3	12	16
60 - 69	2	8	24
70 - 79	3	12	36
80 - 89	8	32	68
90 - 99	1	4	72
100 - 109	4	16	88
110 - 119	2	8	86
120 - 129	1	4	100

$$* d = \sqrt{a^2 + b^2 + \dots + n^2}$$

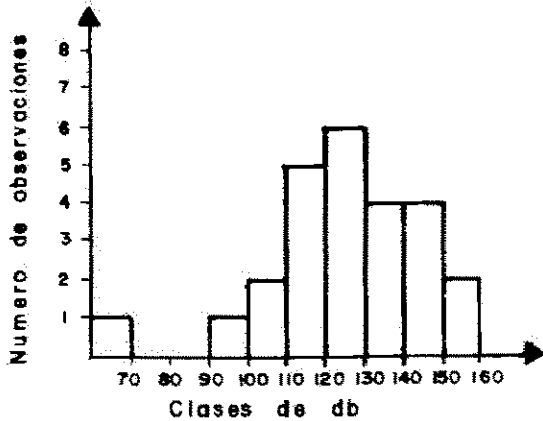


Fig 3.7 Histograma de frecuencia absoluta para db en mm. Sitio Guanacaste

Cuadro: 3.7 Rangos de clases, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en porcentaje y frecuencia relativa acumulada en porcentaje para db en mm. Sitio Guanacaste

rango mm.	fa	fr %	fra %
60 - 69	1	4	4
70 - 79	—	—	—
80 - 89	—	—	—
90 - 99	1	4	8
100 - 109	2	8	16
110 - 119	5	20	36
120 - 129	6	24	60
130 - 139	4	16	76
140 - 149	4	16	92
150 - 159	2	8	100

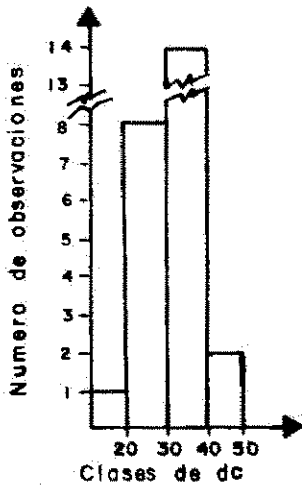


Fig 3.8 Histograma de frecuencia absoluta para dc en dm. Sitio Guanacaste

Cuadro: 3.8 Rangos de clases, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en porcentaje y frecuencia relativa acumulada en porcentaje para dc en dm. Sitio Guanacaste

rango mm.	fa	fr %	fra %
10 - 19	1	4	4
20 - 29	8	32	36
30 - 39	14	56	92
40 - 49	2	8	100

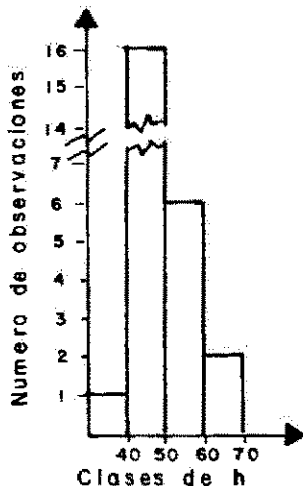


Fig 3.9 Histograma de frecuencia absoluta para h en dm. Sitio Guanacaste

Cuadro: 3.9 Rangos de clases, frecuencia absoluta, frecuencia relativa en porcentaje y frecuencia relativa acumulada en porcentaje para h en dm. Sitio Guanacaste

rango mm.	fa	fr %	fra %
30 - 39	1	4	4
40 - 49	16	24	68
50 - 59	6	24	92
60 - 69	2	8	100

3.1.2. Parámetros de Crecimiento

En el cuadro 3.10 se presentan los parámetros de crecimiento por árbol para el sitio Santa Isabel y en el cuadro 3.11 para el sitio Guanacaste. Este último presenta el diámetro por eje y por árbol, transformado, para poder comparar con el sitio Santa Isabel que solamente presenta diámetro por árbol por no tener rebrotes.

Se diferencian en el número de ejes por unidad de área.

Cuadro 3.10. Parámetro de crecimiento: promedio, coeficiente de variación, número de la muestra, diámetro basa, incremento medio anual para diámetro, diámetro de copa y altura total del sitio Santa Isabel, edad 63 meses, especie A. indica.

Parámetro y unidades de crecimiento	promedio (1)	CV%	n	i
d mm árbol	92 ± 9.4	25.6	25	17.5
db mm	112 ± 10.4	23.1	25	21.3
dc dm	18 ± 2.5	35.8	25	3.4
h dm	100 ± 8.2	20.5	25	19.0

Cuadro 3.11. Parámetro de crecimiento: promedio, coeficiente de variación número de la muestra, incremento medio anual para diámetro por árbol transformado, diámetro por eje, diámetro basal, diámetro de copa y altura total del sitio Guanacaste, edad 42 meses, especie A. indica.

Parámetro y unidades de crecimiento	promedio (1)	CV%	n	i
ö d mm árbol	84 ± 8.5	25.5	25	24.0
d mm eje	67 ± 7.6	25.5	39	19.1
db mm	124 ± 7.8	15.8	25	35.4
dc dm	32 ± 2.5	19.3	25	9.1
h dm	47 ± 2.4	12.4	25	13.4

$$\sigma_d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + \dots + n^2}$$

3.1.3. Parámetros de rendimiento

Se expresan primero los rendimientos reales por árbol así como su incremento medio anual (i), y luego se presentan por unidad de área, tanto en verde como en seco en rendimiento real y su incremento medio anual (i).

En el sitio Santa Isabel se obtuvieron los rendimientos por árbol que se expresan en el cuadro 3.12 y en el cuadro 3.13 se presentan los rendimientos por unidad de área, así mismo en el sitio Guanacaste, se producen los rendimientos por árbol expresados en el cuadro 3.14 y los rendimientos por unidad de área, se presentan en el cuadro 3.15.

Cuadro 3.12. Parámetros de rendimiento por árbol verde: promedio, coeficiente variación, número de la muestra, incremento medio anual para A. indica. a 63 meses sitio Santa Isabel.

Parámetros y unidades de rendimientos por árbol en verde.	Promedios	(1)	CV%	n	i
1- Peso de fuste, kg.	33.50	+ 4.1	54.0	24	6.4
2- Peso de ramas, kg.	5.44	+ 1.6	72.8	25	1.0
3- Peso de follaje, kg.	4.64	+ 1.2	64.7	25	0.9
4- Peso de fuste + ramas = leña, kg.	39.90	-	-	25	7.4
5- Peso total, kg.	42.24	+ 10.0	59.4	25	8.0
6- Número de rollos gruesos, n.	55.00	+ 0.5	21.4	24	1.0
7- Número de rollos delgados, n.	4.70	+ 1.1	56.2	24	0.9
8- Peso de rollos gruesos, kg.	6.10	-	-	24	1.2
9- Peso de rollo delgado, kg.	1.20	-	-	24	0.2
10- Volumen estéreo, v. estéreo.	0.072	-	-	24	0.013714
11- Área basal, gm ²	0.006648	-	-	25	0.001266
12- Volumen sólido \bar{v} total con corteza.	0.033240	-	-	25	0.006331

$$\bar{v} = g \times h/2$$

$$(1) M = \bar{x} \pm 2 s\bar{x}$$

Cuadro 3.13. Parámetros de rendimientos por unidad de área en verde y seco; promedio e incremento medio anual para A. indica. a 63 meses en sitio Santa Isabel.

Parámetros y unidades de rendimiento	Rendimiento en verde		Rendimiento en seco	
	Promedio por hectárea	t	Promedio por hectárea	t
1. Peso de fuste, t.	80.40	15.31	46.63	8.88
2. Peso en ramas, t.	13.60	2.59	7.89	1.50
3. Peso de follaje, t.	11.60	2.21	4.29	0.82
4. Peso de fuste + ramas = leña, t.	97.35	18.54	54.52	10.38
5. Peso total, t.	105.60	20.11	58.81	11.20
6. Números de rollos gruesos, N	13200	2514	-	-
7. Números de rollos delgados, N	11300	2152	-	-
8. Volumen estéreo, V. estéreo.	180.00	34.29	-	-
9. Área basal, Gm ² .	16.62	3.16	-	-
10. Volumen sólido total con cortaza, VsTcc m ³ .	83.10	15.82	-	-

Cuadro 3.14 Parámetros de rendimiento por árbol verde, promedio, coeficiente de variación, número de muestras, incremento medio anual para A. indica, a 42 meses, sitio Guanacaste.

Parámetros y unidades de rendimiento por árboles en verde.	Promedio (1)	CV %	n	i
1. Peso de fuste, Kg.	24.50 ± 4.0	40.4	25	7.0
2. Peso de ramas, Kg.	7.15 ± 1.3	46.9	25	2.0
3. Peso de follaje, Kg.	6.68 ± 1.1	41.0	25	1.9
4. Peso de fuste + peso de ramas = leña, Kg.	31.65 -	-	25	9.0
5. Peso total, Kg.	38.33 ± 6.2	40.8	25	10.9
6. Números de rollos gruesos, n.	4.60 ± 1.2	65.5	25	1.3
7. Número de rollos delgados, n.	12.2 ± 2.0	40.6	24	3.5
8. Peso de rollo grueso, n.	5.37 -	-	25	1.5
9. Peso de rollo delgado, Kg.	0.61 -	-	24	0.17
10. Volumen estéreo v ³ estéreo,	0.496 -	-	25	0.0142
11. Area basal, gm ² .	0.005542 -	-	25	0.001583
12. Volumen sólido total ₃ con corteza, VsTcc m ³ .*	0.1302 -	-	25	0.003720

* VsTcc = d x h/2
 (1) $\bar{M} = \pm 2 S\bar{x}$

Cuadro 3.15 Parámetros de rendimientos por unidad de área en verde y en seco, promedio e incremento medio anual para A. indica, a 42 meses en sitio Guanacaste.

Parámetros y unidades de rendimiento.	Rendimiento en verde		Rendimiento en seco	
	Promedio por ha.	\bar{i}	Promedio por ha.	\bar{i}
1. Peso de fuste, t.	61.25	17.50	38.34	10.95
2. Peso de ramas, t.	17.88	5.11	11.19	3.20
3. Peso de follaje, t.	16.71	4.77	7.34	2.10
4. Peso de fuste - ramas = leña, t.	79.13	22.61	49.53	14.15
5. Peso total, t.	96.14	27.47	56.87	16.25
6. Números de rollos gruesos, N	11400	3257	-	-
7. Números de rollos delgados, N	29300	8731	-	-
8. Volumen estéreo, V. estéreo	124.00	35.43	-	-
9. Area basal, Gm ²	13.85	3.96	-	-
10. Volumen sólido total con corteza, VsTcc m ³	32.55	9.30	-	-

3.1.4. Peso Seco

Para el sitio Santa Isabel, se presentan en el cuadro 3.16 la relación de peso en seco, sobre peso verde (R), y el porcentaje de humedad para fuste y follaje; igualmente en el cuadro 3.17, se presentan los datos para el sitio Guanacaste.

Cuadro 3.16 Relación de peso seco sobre peso verde (R) y porcentaje de humedad para fuste y follaje de A. indica en sitio Santa Isabel.

Componente	R	% de agua
Fuste	0.58	42.0
Follaje	0.37	63.0

Cuadro 3.17 Relación de peso seco sobre peso verde (R) y porcentaje de humedad para fuste y follaje de A. indica en sitio Guanacaste.

Componente	R	% de agua
Fuste	0.626	37.4
Follaje	0.439	56.1

De acuerdo a la metodología utilizada, la gravedad específica resultó de 0.536 gr/cm³ para Santa Isabel y 0.602 gr/cm³ para Guanacaste.

3.1.5. Diferencias entre sitios.

El cuadro 3.18 expresa las diferencias porcentuales de los parámetros de crecimiento entre los dos sitios de estudio, el signo (+), indica mayor ganancia para el sitio Santa Isabel y el signo (-), indica mayor ganancia para el sitio Guanacaste.

Cuadro 3.18 Parámetros de crecimiento expresados en porcentaje de las diferencias: absolutas y relativas entre sitios Santa Isabel y Guanacaste.

Parámetros	Diferencias de crecimiento absoluto en %.	Signo	Diferencias de crecimiento relativo en % (\bar{T}).	Signo
d mm	8.6	+	27.0	-
db mm	9.6	-	39.8	-
dc dm	43.7	-	62.6	-
h dm	53.0	+	29.5	+

3.1.6. Componentes de la biomasa.

Las diferencias entre parámetros de rendimiento expresados en porcentajes entre sitio, tanto en verde como en seco, se presentan de forma igual en el cuadro 3.19.

Cuadro 3.19 Parámetros de rendimiento expresados en porcentajes de las diferencias absolutas y relativas en verde y en seco entre los dos sitios.

Parámetros	VERDE			SECO			
	Incremento absoluto, %	Signo	Incremento relativo, % (p)	Signo	Incremento absoluto, %	Signo	Incremento Signo
1. Peso fuste	28.3	+	12.5	-	17.8	+	18.9 -
2. Peso ramas	23.9	-	49.3	-	29.5	-	53.1 -
3. Peso folla je.	30.6	-	53.7	-	41.5	-	60.9 -
4. Peso leña	18.7	+	18.0	-	9.1	+	26.6 -
5. Peso total	8.9	+	26.8	-	3.3	+	31.0 -
6. No. rollos gruesos.	13.6	+	22.8	-			
7. No. rollos delgados.	61.4	-	75.3	-			
8. Vol. estére- reo.	31.0	+	3.2	-			
9. Area basal	16.6	+	20.2	-			
10. vTcc.	60.8	+	41.2	+			

Cuadro 3.20 Componentes de la biomasa aérea de los dos sitios expresados en porcentaje en seco y en verde.

Componentes.	SANTA ISABEL				GUANACASTE			
	%-verde	Signo	%-seco	Signo	%-verde	Signo	%-seco	Signo
Fuste	64	-	67	-	76	+	79	+
Ramas	19	+	20	+	13	-	13	-
Follaje	17	+	13	+	11	-	7	-
Leña	82	-	87	-	92	+	93	+

3.1.7. Ecuaciones que predicen el rendimiento.

Las ecuaciones que se presentan en el cuadro 3.21, se desarrollaron mediante análisis de regresión múltiples a partir de datos originales, con el fin de predecir el rendimiento de la especie, para los dos sitios.

Cuadro 3.21. Ecuaciones que predicen el rendimiento verde en kilogramos de A. indica coeficiente de determinación (R²) y coeficiente de regresión (r), para los ocho modelos en sitios Santa Isabel y Guanacaste.

S I T I O	VARIABLES Y MODELO		INDICES	
	ECUACIONES QUE PREDICE EL RENDIMIENTO VERDE EN KG.		r ²	r
SANTA ISABEL	1.	Rama = 11.062 + 0.10 d + 2.067 dc - 6,403 (Ln.dc) ²	0.816	0.903
	2.	Ln Fuste = -7.3056 + 2.3611.Lnd	0.943	0.971
	3.	Ln follaje = -2.1058 + 0.012 d + 0.8344. Lndc	0.773	0.879
	4.	Ln Total = -6.4454 + 2.231 Lnd	0.965	0.982
GUA NACASTE	1.	Ln Rama = -25921 + 0.79 (√dc)	0.771	0.878
	2.	Ln fuste = -4.3757 + 2.17 Ln(dc)	0.819	0.905
	3.	Ln follaje = -4.6884 + 1.8954.Ln (dc)	0.699	0.836
	4.	Ln total = -3.6688 + 2.097. Ln (dc)	0.839	0.916

d = diámetro a la altura del pecho

dc= diámetro de copa

Ln= logaritmo natural en base de e

3.2 Discusión

3.2.1. Análisis de los gráficos y las figuras de frecuencia.

En las figuras 3.1 a 3.4 se presentan la distribución gráfica de las frecuencias de los distintos parámetros en el sitio Santa Isabel, aquí se observa que hay dos árboles atípicos uno por exceso y otro por defecto atribuyéndose ésto, a árboles que fueron dominantes y dominados.

En la figura 3.1 observamos la distribución de frecuencia para diámetros en mm por árbol con una amplitud de 60 a 140 mm exceptuando el atípico.

En el cuadro 3.1 la frecuencia presenta un 24% para la clase 90 a 100 mm, un 20% a las dos clases inferiores y un 20% a las dos superiores.

En la figura 3.2 se presenta la distribución del diámetro basal en mm con una amplitud de 80 mm a 170 mm en el cuadro 3.2 se observa un 24% de la frecuencia relativa para la clase 110-120mm que es la moda, un 28% para las dos clases inferiores y un 24% para tres clases superiores a la moda.

En la figura 3.3 se presenta la distribución del diámetro de copa en dm y se presentan solamente cuatro clases en una amplitud de 0-40 dm, en el cuadro 3.3 se observa que la moda es la clase de 10-20 dm con el 76% de las frecuencias relativas y el 80% de las frecuencias relativas acumuladas.

La figura 3.4 presenta los datos de altura siendo notorio el árbol de la clase 50-60 dm y el de la clase 170-180 dm que resultaron atípicos. Luego la amplitud del resto está comprendido de 70 dm a 120 dm con una moda en la clase 90-100 dm.

En la figura 3.4 se observa que el 32% corresponde a la moda, un 48% a las dos clases superiores con 24% para cada una y un 12% a las dos clases inferiores. Cada árbol atípico representa un 4% y en conjunto el 8%.

Por su parte la distribución de frecuencia para el sitio Guanacaste se presenta en las figuras 3.5 a 3.9 lo mismo que los cuadros 3.5 a 3.9. Se observa con facilidad un árbol con diámetro basal atípico por defecto, el cual influye en un 4% en la muestra. En la figura 3.5 se presenta la distribución de frecuencia para diámetros en mm por eje con una amplitud de 40-120 mm con la ausencia para la clase de 90-100 mm. Por su parte en el cuadro 3.5 muestra que la moda se presenta en las dos clases de 50 a 70 mm. con un 28% a cada una, el 25% lo forman las dos clases siguientes.

Al transformar los ejes al árbol según la metodología, la figura 3.6 presenta la distribución con una amplitud de 40 a 130 mm, el cuadro 3.6 muestra que la moda está en la clase de 80 a 90 mm con el 32%. Luego las cuatro clases superiores forman el 32% y las tres clases inferiores, también forman otro 32%.

En la figura 3.7 se presenta la distribución de frecuencia para el diámetro basal con una amplitud de 90-120 mm. exceptuando el árbol atípico ya señalado. El cuadro 3.7 muestra la moda con el 24% de los datos en la clase 120-130 mm, luego un 32% para las dos clases superiores y el 32% para las tres clases inferiores.

En la figura 3.8 se presenta la distribución de frecuencia para el diámetro de copa el cual se agrupa en cuatro clases siendo la moda la clase de 30 - 40 dm, el rango de distribución está comprendido en la amplitud de 10-50 dm, por su parte, el cuadro 3.8 presenta que para la moda corresponde un 56% de la frecuencia relativa y la clase inferior el 32%.

En la figura 3.9 se presenta la distribución de frecuencia para la altura con cuatro clases en una amplitud de 30 dm a 70 dm con una moda para la clase 40 a 50 dm. En el cuadro 3.9 se expresa que a la moda corresponde el 64% de los datos y el 32% para los de las clases superiores.

3.2.2. Análisis de los parámetros de crecimiento

Si observamos los datos de crecimiento por árbol para el sitio Santa Isabel, cuadro 3.10, vemos como supera en diámetro y altura y al sitio Guanacaste cuadro 3.11, pero éste supera en diámetro basal y diámetro de copa, estas diferencias se observaron durante reconocimiento del sitio. En efecto en el cuadro 3.18 se presenta que en Santa Isabel el diámetro es 8.6% superior y la altura 53% superior, mientras que el área basal es 9.6% inferior que en Guanacaste y el diámetro de copa es 43.7% inferior que en Guanacaste.

El sitio Santa Isabel cuadro 3.10 presenta la mayor variación en el diámetro de copa con un 35.8% de c.v, los demás parámetros de los dos sitios son inferior al 26% que está dentro del rango aceptable.

La velocidad de crecimiento expresada por el incremento medio anual (i) se aprecian también en los cuadros 3.10 para Santa Isabel y 3.11 para Guanacaste observándose que Santa Isabel supera en altura, siendo el diámetro, diámetro basal y diámetro de copa mayor en Guanacaste; como lo menciona la National Academy Sciences (13), que después del primer año el crecimiento de el neem es bastante rápido, estos mismos resultados se presentaron en Guanacaste.

Las diferencias porcentuales del crecimiento medio anual se expresan también en el cuadro 3.18 el cual demuestra que Guanacaste supera a Santa Isabel en diámetro en un 27% en diámetro basal en un 39%; superando en altura en un 29.5% Santa Isabel.

Al comparar los dos sitios por un análisis de t student, los parámetros de crecimiento; diámetro, diámetro de copa y altura, éstos presentan diferencias significativas de 0.05%.

3.2.3. Análisis de los parámetros de rendimientos

Si observamos los datos del cuadro 3.12, el sitio Santa Isabel supera en promedio por árbol en verde al sitio Guanacaste cuadro 3.14, en los parámetros de: peso de fuste, peso de leña, peso total, número de rollos gruesos, peso de rollos gruesos, peso de rollos delgados, volumen total con corteza. Por su parte, Guanacaste supera en peso de follaje y número de rollos delgados.

El coeficiente de variación para los parámetros de rendimientos son mayores en el sitio Santa Isabel alcanzando el 54% para peso de fuste 73% de peso de ramas y 65% para peso de follaje y 59% para peso total.

En el cuadro 3.13 para Santa Isabel y el cuadro 3.15 para Guanacaste se presentan los rendimientos por unidad de área en verde y en seco. Es importante observar que si el primero tiene mayor ganancia en rendimiento por unidad de área, los mayores velocidades de aumento en el rendimiento (i) lo presenta el sitio Guanacaste, a excepción del volumen sólido con corteza que es mayor en Santa Isabel.

En efecto, en el cuadro 3.19 se expresan estas diferencias porcentuales entre sitio: En verde Guanacaste sólo supera a Santa Isabel en peso de ramas en 24%, en peso de follaje en un 31%, en número de rollos delgados en un 61%; por su parte, Santa Isabel es mayor en peso de fuste en un 28%, en peso de leña un 19%, en peso total un 9%, tiene un 14% de rollos gruesos y 31% de volumen sólido total.

El incremento medio anual del volumen total con corteza es superior para Santa Isabel en un 41%, siendo Guanacaste superior en todos los otros parámetros (ver cuadro 3.19).

En seco siempre es superior la velocidad de incremento en Guanacaste, pero varían los porcentajes.

Un análisis de t de student presenta diferencias significativas al 0.05% para peso de fuste, pero peso de rama y peso total nos mostraron diferencias significativas al 0.05%.

Se expresan los resultados en verde y en seco, pues cuando se comercializa la leña en verde se hace necesario considerar el volumen estéreo o bien el volumen sólido, pero cuando se comercializa por peso es necesario el peso seco; también para hacer transformaciones a unidades de energía.

En el cuadro 3.20 se expresan los componentes de la biomasa aérea de los dos sitios expresados en porcentajes con respecto al total. Es fácil observar que Santa Isabel produce más fuste y más leña, tanto en verde como en seco y Guanacaste produce más ramas y follaje.

3.2.4. Análisis sobre el peso seco.

La relación peso seco sobre peso verde (R) es mayor tanto para fuste como para follaje en el sitio Guanacaste con 0.626 y 0.439 respectivamente por, consiguiente, presenta menos porcentaje de agua para fuste 37.4% y 56.1% para follaje.

Santa Isabel presenta una relación (R) de 0.58 para fuste y 0.37% para follaje con un 42% de agua en el fuste y 63% en el follaje.

Estas diferencias expresadas en porcentaje entre sitios es de 7.3% más para fuste y 15.7 más para follaje en Guanacaste.

Respecto al porcentaje de humedad Santa Isabel contiene 10.95% más de agua tanto en fuste como en follaje.

La gravedad específica es de 0.536 gr/cm^3 para Santa Isabel y 0.602 gr/cm^3 para Guanacaste, la diferencia de 10.96% mayor para Guanacaste, se relaciona muy directamente con su mayor contenido de humedad ya expresado el cual es menor en este porcentaje en Guanacaste.

3.2.5. Transformación a energía equivalente a petróleo

El valor calorífico de la madera varía muy poco según las especies para lo cual se considera 19 GJ/t a 0% de humedad. El petróleo crudo tiene 43 GJ/t con una densidad de 800 Kg/m.

Considerando el rendimiento absoluto en seco, Santa Isabel produce 54 toneladas de leña y Guanacaste 49 toneladas que transformados equivalen a 23.9 y 21.6 toneladas de petróleo crudo respectivamente.

El rendimiento expresado en incremento medio anual (i), Santa Isabel produce 10.4 toneladas de leña por hectárea al año y Guanacaste produce 14.15 toneladas por hectárea al año, transformados equivalen a 4.6 y 6.25 toneladas por hectáreas por año de petróleo crudo respectivamente.

Consideramos un precio de US\$117 dólares por TEP, Guanacaste produce al año US\$71.25 dólares por hectárea por año y Santa Isabel produce US\$538.2 dólares por hectárea por año con una diferencia de US\$193.05 dólares por hectárea por año a favor del primero.

IV. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los datos del estudio en los dos sitios, es concluyente la adaptación de la especie a las condiciones edafoclimáticas de la región del Pacífico de Nicaragua que están comprendidas en el rango del hábitat natural de Azadirachta indica.
2. El crecimiento promedio por árbol de diámetro y altura es mayor en el sitio Santa Isabel, pero en el sitio Guanacaste es mayor en diámetro basal y diámetro de copa.
3. El incremento medio anual es superior en Guanacaste para diámetro, diámetro basal, diámetro de copa, pero en altura supera Santa Isabel.
4. Los rangos de crecimiento del estudio son:

d	mm	92	±	10.2%	(*)	y	67	±	11.3%	(**)	/1
db	mm	112	±	9.3%	(*)	y	124	±	6.3%	(**)	
dc	dm	18	±	13.9%	(*)	y	32	±	7.8%	(**)	
h	dm	100	±	8.2%	(*)	y	47	±	5.1%	(**)	

El incremento medio anual varía para diámetro entre 17.5 mm y 19.1 mm; para diámetro basal entre 21.3 mm y 35.4 mm; el diámetro de copa entre 3.4 dm y 9.1 dm; y la altura entre 13.4 dm y 19.0 dm.

(*) Sitio Santa Isabel
(**) Sitio Guanacaste
/1 por eje

5. El rendimiento promedio por árbol en verde expresado en incremento medio anual, Santa Isabel supera solamente en volumen sólido con corteza al sitio Guanacaste por consiguiente, este sitio tiene mayor incremento tanto en verde como en seco en todos los restantes parámetros de rendimiento.

6. Los rangos de rendimiento por árbol del ensayo son:

Peso de fuste	kg	33.5	+	12.20%	(+)	y	24.50	+	16.3%	(-)
Peso de ramas	kg	5.4	+	29.4 %	(+)	y	7.1	+	17.3%	(-)
Peso de follaje	kg	4.6	+	25.9 %	(+)	y	6.7	+	16.5%	(-)
Peso de leña	kg	39.9	-		(+)	y	31.6	-		(-)

7. El incremento medio anual varía para peso de fuste entre 6.4 kg. y 7.0 kg, el peso de ramas entre 1.0 kg. y 2.0 kg, el peso de follaje entr 0.90 kg y 1.9 kg, el peso de leña entre 7.4 kg. y 9.0 kg. y el peso total entre 8.0 kg. y 10.9 kg. en verde

8. El volumen estéreo varía entre $124.0 \text{ m}^3/\text{ha}$. y $180.0 \text{ m}^3/\text{ha}$, el área basal varía entre $13.8 \text{ m}^2/\text{ha}$. y $16.6 \text{ m}^2/\text{ha}$, y el volumen sólido total con corteza varía entre $32.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ y $83.10 \text{ m}^3/\text{ha}$.

9. El incremento medio anual varía entre $34.3 \text{ m}^3/\text{ha}$. y $35.4 \text{ m}^3/\text{ha}$, el área basal varía entre $3.2 \text{ m}^2/\text{ha}$. y $4.0 \text{ m}^2/\text{ha}$, y el volumen sólido total entre $9.3 \text{ m}^3/\text{ha}$. y $15.8 \text{ m}^3/\text{ha}$.

10. El componente de la biomasa aérea en verde varía entre:

64% y 76% para fuste; 13% y 19% para ramas; 11% y 17% para follaje, 82% y 92% para leña.

(-) Sitio Guanacaste
(+) Sitio Santa Isabel

En seco varía entre : 64% y 79% para fuste; 13% y 19% para ramas; 7% y 13% para follaje; 87% y 93% para leña.

11. Se atribuye al clima más húmedo las ganancias de volumen en Santa Isabel y a la fertilidad de las arcillas del vertisol la ganancia de peso en Guanacaste.

V. RECOMENDACIONES

- Tomando en cuenta los resultados obtenidos en cuanto crecimiento y rendimiento de A. indica. Se recomienda aprovechar los suelos vertisoles de Nicaragua, para la producción de biomasa, masificando la plantación de neem.
- Se recomienda efectuar mediciones periódicas en cuanto a diámetro y altura para obtener una curva de crecimiento de la especie con respecto al tiempo y también calcular su coeficiente mórfo.
- De acuerdo a las experiencias obtenidas en este estudio, pensamos que el neem se debe comportar de una manera satisfactoria en todo el sector del Pacífico de Nicaragua que es el área más crítica desde el punto de vista energético, se deberá realizar otras investigaciones de carácter silvicultural, e implementar un plan de emergencia de plantaciones con fines energéticos.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, 1986 Normas para la investigación Silvicultural de especies para leña. Serie Técnica. Manual Técnica No.1. Ed. por Elizabeth Mora. 115.p
2. _____, 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central, resultados de cinco años de investigación. Serie Técnica. Informe Técnico No. 86, 219 p.
3. CHANG, B. 1984 Comportamiento inicial de 23 especies forestales en suelos vertisoles y vérticos de una zona semi -árida en Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE.
4. ECUADOR, 1986. DEPARTAMENTO SANIDAD DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Sanidad Vegetal. Vol. No.1.
5. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION THE UNITED NATIONS. 1975. Prácticas de plantación en árboles en la sabana africana. Roma-203 p.
6. GOMEZ L, D. A. 1981. Evaluación del Comportamiento de ensayo y plantaciones forestales en Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 166 p.
7. INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGIA, 1986. Diagnóstico sobre la problemática de gas licuado de petróleo, carbón y leña en Nicaragua. Folleto mimeografiado.
8. _____, CORPORACION FORESTAL DEL PUEBLO E INSTITUTO NICARAGUENSE DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE. 1986. Situación de la biomasa en Nicaragua y sus perspectivas energéticas. Folleto mimeografiado.
9. INSTITUTO NICARAGUENSE DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE, 1985. Archivo de datos del Proyecto Leña.
10. NICARAGUA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1971. Manual práctico para la interpretación de mapas de suelos 39 p.
11. _____ 1971. Génesis y clasificación de suelos. Vol II parte 3. 713 p.
12. ORGANIZACION DE ESTADOS AMERICANOS. 1986 Biomasa y el desarrollo energético en Nicaragua. Folleto mimeografiado.

13. U.S. NATIONAL ACADEMY SCIENCES: CENTRO AGRONIMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1984. Especies para leña, arbus-
tos y árboles para la producción de energía. Trad. de la
edición Inglesa por Vera Arguello de Fernández y Tradinsa.
Turrialba, Costa Rica, CATIE. 344 p.