

# Potencial dendroenergético de la especie *Vernonia patens* “huesillo” para la producción de biomasa con fines energéticos

## Wood energy potential of the species *Vernonia patens* “huesillo” for the production of biomass for energy purposes

### Cómo citar:

Velásquez Oliva, N; Eguigurems, J; Cruz Pineda, K. (2023). Potencial dendroenergético de la especie *Vernonia patens* “huesillo” para la producción de biomasa con fines energéticos. *Tatascán*, 31(1), 61-72. <https://doi.org/10.5377/tatascan.v31i1.15938>

<https://doi.org/10.5377/tatascan.v31i1.15938>

Recibido 25/11/2022

Aceptado 08/01/2023

### Néstor Velásquez Oliva

 <https://orcid.org/0000-0001-5636-0046>

Universidad Nacional de Ciencias Forestales

[n.velasquez@unacifor.edu.hn](mailto:n.velasquez@unacifor.edu.hn)

### Julio Heriberto Eguigurems

 <https://orcid.org/0000-0003-4556-7775>

Universidad Nacional de Ciencias Forestales

[j.eguigurems@unacifor.edu.hn](mailto:j.eguigurems@unacifor.edu.hn)

### Kevin Josué Cruz Pineda

 <https://orcid.org/0000-0002-2507-1740>

Investigador Independiente

[dr.kevincruz@gmail.com](mailto:dr.kevincruz@gmail.com)

## Resumen

Este estudio analiza el potencial dendroenergético de la especie *Vernonia patens* “huesillo” para la producción de biomasa con fines energéticos, se aplicó un muestreo probabilístico aleatorio para el establecimiento de parcelas circulares de un tamaño de 1000m<sup>2</sup> y un radio de 17.84m, ubicadas de manera aleatoria para identificar la presencia o ausencia de la especie *Vernonia patens*, con el fin de observar las características biofísicas del sitio y las propiedades químicas y energéticas de la especie, se recolectaron muestras significativas en

el sitio “A” y sitio “B”. Fue necesario el uso de pruebas de laboratorio para identificar poder calorífico que ronda 18.055 MJ/kg a 18.188 MJ/kg, contenido de humedad presente de 2,28% a 2.54% y contenido de ceniza 1.34% a 1.64%, densidad de 7.96 g/cm<sup>3</sup> a 19.57 g/cm<sup>3</sup>. Se concluye que la especie cuenta con las propiedades físico energéticas favorables y es una alternativa dendroenergética para la producción de energía, que debe ser tomada en cuenta.

**Palabras clave:** Poder calorífico, contenido de humedad, contenido de ceniza, análisis de suelo, análisis foliar.

## Abstract

This research was carried out in the UNACIFOR study analyzes the dendroenergetic potential of the species *Vernonia patens* “huesillo” for the production of biomass for energy purposes, a random probabilistic sampling was applied for the establishment of circular plots of a size of 1000m<sup>2</sup> and a radius of 17.84m, located in such a way random to identify the presence or absence of the species *Vernonia patens*, in order to observe the biophysical characteristics of the site and the chemical and

energetic properties of the species, which significant samples were collected at site “A” and site “B”. It was necessary to use laboratory tests to identify a calorific value of around 18,055 MJ/kg to 18,188 MJ/kg, present moisture content from 2.28% to 2.54% and ash content from 1.34% to 1.64%, density of 7.96 g /cm<sup>3</sup> at 19.57 g/cm<sup>3</sup>, it is concluded that the species has favorable physical-energy properties and is a wood-energetic alternative for energy production, which must be considered.

**Keywords:** Calorific value, moisture content, ash content, soil analysis, leaf analysis.

## Introducción

La madera es considerada la primera fuente de energía de la humanidad, actualmente es la fuente de energía renovable más importante y proporciona alrededor del 9% del suministro total de energía primaria a nivel mundial (FAO, 2020). En América Latina, la eficiencia energética y las energías renovables muestran un potencial importante para mitigar los efectos negativos del consumo energético en continuo incremento, inducido tanto por el crecimiento económico y poblacional, como por las transformaciones de las sociedades hacia modelos más energointensivos (Altomonte *et al.*, 2003).

En el caso de Honduras, la matriz de generación de energía a partir del 2015 ha mantenido una mayor concentración en las fuentes renovables, esta tendencia ha sido motivada por políticas en favor de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> producto de compromisos ante la firma de acuerdos internacionales y nacionales que apuntan a una matriz de generación del 80% renovable para el 2038, según el Plan de Nación y Visión del País Decreto Legislativo No. 286-2009 (2009).

Los datos estadístico de la matriz energética de Honduras y al histórico de demanda en MW para el año 2020 muestran una demanda máxima de 1618.3 MW, la cual se caracteriza por la significativa integración de las energías renovables las cuales representan un porcentaje importante de la capacidad instalada del país de 54% y la no renovable representa un 43%, y un 3% de importación de energía (Comision reguladora de energia electrica [CREE], 2022).

La dendroenergía esta conformada por principales compuestos como la celulosa, hemicelulosa, lignina y resina, los cuales en el proceso de combustión la lignina se transforma en carbono fijo y los demás compuestos liberan elementos volátiles, por lo cual el quemado de esta fracción se realiza con reacciones similares a la de un combustible gaseosos, en comparación la fracción gaseosa posee aproximadamente 40% mayor poder calorífico que la fracción sólida de carbono fijo (Yescas Albarrán *et al.*, 2016).

La especie *Vernonia patens* es muy común encontrarla desde el sur de México, Centroamérica y parte de América del sur, debido a que es una especie de origen medicinal se han desarrollado investigaciones en el área farmacéutica (Canel Monterroso, 2012). Pero no así exploraciones en el área de dendroenergía por tal razón se decidió desarrollar la investigación de la especie para conocer sus componentes energéticos.

## Materiales y métodos

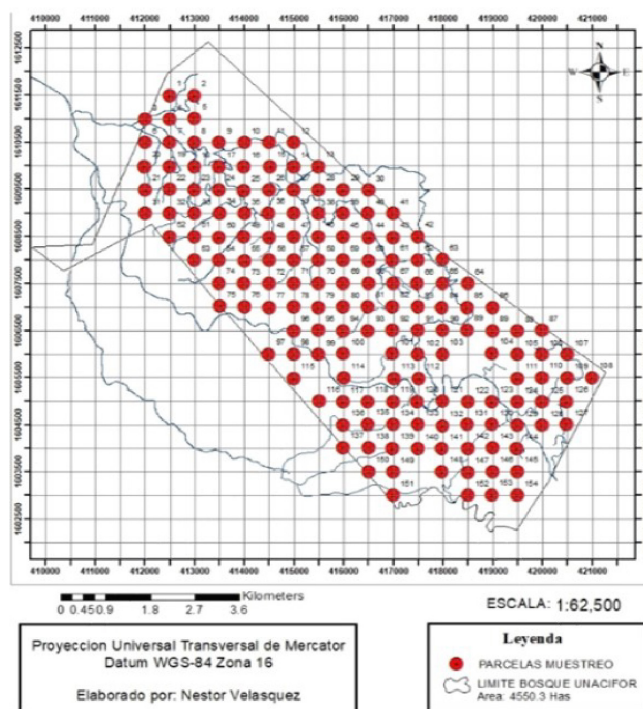
El enfoque es de corte cuantitativo, en tanto se recolectaron de datos numéricos permitiendo aplicar estadísticos descriptivos, su alcance es de carácter exploratorio descriptivo, exploratorio porque la especie *Vernonia patens* no ha sido sometida a investigaciones orientadas al rubro de la dendroenergía y descriptivo porque busca describir las variables observadas sin llevar a cabo comparaciones inferenciales. El diseño es no experimental, es decir que no se manipularon variables.

## Población y muestra

Se determinó la población mediante el uso del programa ArcGIS, donde se realizó la inserción del mapa general del límite del bosque, y en la intersección de cada grilla se establecieron puntos de parcelas, proporcionando un total de 154 parcelas en toda el área 4,550.3 ha, tomando en cuenta las áreas de cuencas hidrográficas, descartando áreas de carreteras, áreas de agricultura y asentamientos, estableciendo los sitios denominados "A y B" ubicando las parcelas a ser sometidas al estudio. La ubicación de las parcelas se muestra en la Figura 1.

Se utilizó la fórmula para muestras finitas la cual proporcionó, el número de parcelas a ser muestreadas del total de la población de 154 parcelas, la cual proporciona una muestra de 48 parcelas a realizar. La ecuación 1 muestra su resultado.

Figura 1  
Mapa de ubicación de parcelas de muestreo



$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(154) * (1.65)^2 * (0.5) * (0.5)}{(0.10)^2 * (154 - 1) + (1.65)^2 * (0.5) * (0.5)}$$

$$n = 47.41 \sim 48$$

**Donde:**

n= Tamaño de muestra buscado.

N= (154 parcelas) Tamaño de la población.

Z= (90% o 0.9) Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza.

e= (10% o 0.10) Error de estimación máximo aceptado.

p= (0.5) Probabilidad que ocurra el evento.

q= (0.5) Probabilidad de que no ocurra el evento.

Para conocer el número de las parcelas a intervenir, de forma aleatoria, se utilizó el software estadístico Rstudio en el cual se insertó la programación en el sistema y proporcionó el número de las parcelas con su coordenada, al azar distribuidas en el bosque universitario, la Tabla 1 muestra los resultados.

**Tabla 1**

*Coordenadas de ubicación del establecimiento de parcelas de muestreo*

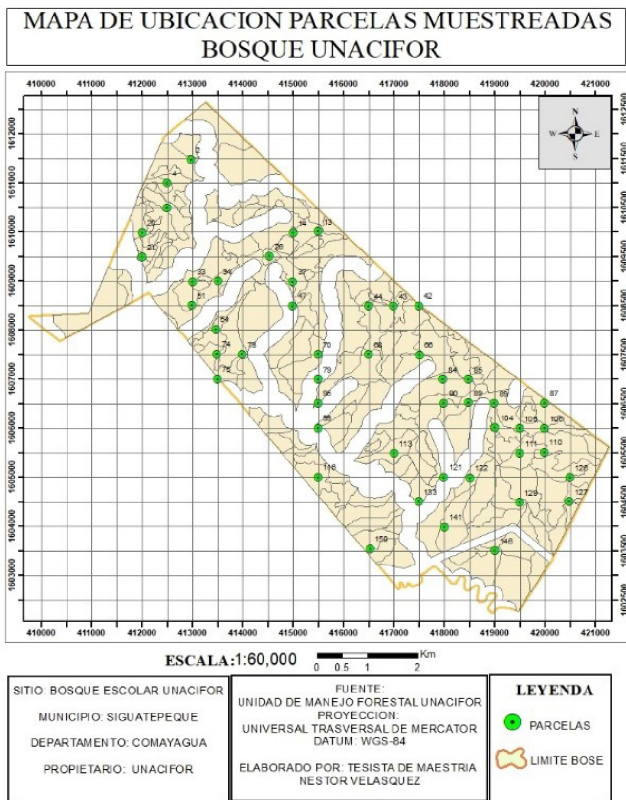
n	X	Y	n-parcelas	n	X	Y	n-parcelas
1	412506	1610493	7	25	419009	1603499	146
2	411998	1609994	20	26	412500	1611000	4
3	415002	1609987	14	27	413004	1608988	33
4	414998	1608994	37	28	416508	1607506	68
5	413491	1607509	74	29	415502	1607506	70
6	413997	1607503	73	30	415500	1606997	79
7	413510	1609000	34	31	417989	1606999	84
8	412998	1608505	51	32	418492	1606999	85
9	412004	1609494	21	33	420004	1606509	87
10	416510	1608488	44	34	419005	1606502	89
11	417004	1608488	43	35	419504	1605995	105
12	417498	1608500	42	36	420004	1605995	106
13	414998	1608494	47	37	420008	1605509	110
14	413500	1607000	75	38	418515	1604986	122
15	415750	1606500	95	39	418498	1606515	89
16	415500	1606000	99	40	412968	1611480	2
17	416750	1605500	113	41	415506	1610015	13
18	417500	1604500	133	42	414538	1609509	26
19	419508	1605489	111	43	413466	1608020	54
20	418001	1604999	121	44	417516	1607498	66
21	420500	1604500	127	45	419020	1606010	104
22	417750	1606500	90	46	418007	1603985	141
23	419500	1604486	129	47	415506	1604997	116
24	420506	1604993	126	48	416533	1603538	150

Se realizó el mapa de ubicación de las parcelas a ser muestreadas usando las coordenadas proporcionadas por el software estadístico Rstudio, para facilitar el trabajo de campo, la Figura 2 muestra los resultados.

Seguidamente, se procedió a utilizar los índices de sitios (II, III, IV, V) ya establecidos por la unidad de manejo forestal de la siguiente manera índices de sitio II, III para el sitio "A" y los índices de sitio IV, V para el sitio "B", se realizó el mapa de ubicación de las parcelas de muestreo correspondiente en el sitio "A" y sitio "B", la Figura 3 muestra los resultados.

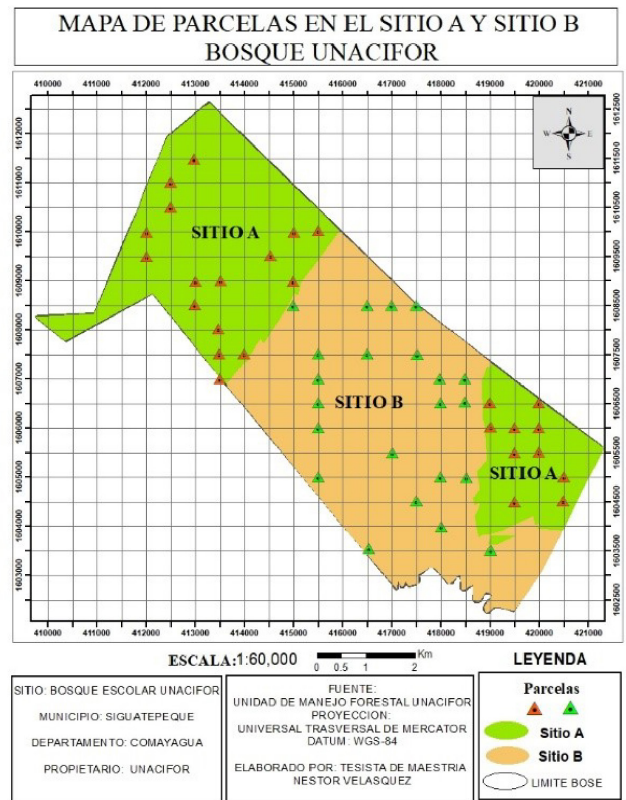
**Figura 2**

Mapa de ubicación parcelas muestreadas



**Figura 3**

Mapa de ubicación de parcelas en el sitio A y sitio B en bosque UNACIFOR



## Recolección de datos de campo

Se procedió a la obtención de los datos de campo utilizando el mapa de ubicación de las parcelas muestreadas, en un GPS se introdujo la coordenada y posteriormente se ubicó cada parcela, se colocaba la estaca en el centro de la parcela, y se procedió a medir el área con la cinta métrica, donde se verificó la ausencia y presencia de la especie, cantidad de individuos de la especie que encontraban dentro de la parcela y se anotó en el formato de campo, posteriormente se tomaron las muestras de la especie para su análisis.

## Establecimiento de parcela

Para el establecimiento de la parcela se siguieron diferentes pasos, se realizó el mapa de ubicación de las 48 parcelas con sus respectivas coordenadas, las mismas fueron seleccionadas aleatoriamente de acuerdo con lo establecido en la determinación de la muestra de los índices de sitio II, III para el sitio "A" y los índices de sitio IV, V para el sitio "B".

Una vez ubicado el punto de la parcela de acuerdo con la coordenada, se procedió a colocar la estaca que indica que es el centro de la parcela con la información de su azimut, coordenada y número de parcela, estas últimas fueron circulares de un tamaño de 1000 m<sup>2</sup> y un radio de 17.84 m. Seguidamente, se procedió a cuantificar dentro del área de la parcela el número de individuos presentes de la especie, se midió altura y el diámetro a partir de la primera bifurcación, diámetro de copa, tipo de suelo, profundidad de suelo, porcentaje de pendiente, la Ecuación 2 muestra el cálculo del radio de las parcelas.

## Ecuación 2

Formula para determinación del radio de la parcela

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$$r = \sqrt{1000m^2/\pi}$$

$$r = 17.84 \text{ m}$$

Donde:

r: radio de la parcela (dada en metros)

A: área de la parcela (dada en metros cuadrado)

$\pi$ : número pi.

## Recolección de la muestra de la especie

Se tomó una muestra significativa de cada una de las parcelas (cantidad necesaria para realizar el análisis) donde hay presencia de la especie, tomando en cuenta características similares como ser diámetro (cm), altura (m), promedio diámetro de copa (m).

Se realizó el mapa de presencia de la especie donde se indica la ubicación de las parcelas con individuos presentes en el sitio "A" y sitio "B", la Figura 4 muestra la presencia ausencia por sitio.

Para el cálculo de la densidad se trabajó con los arbustos más representativo como muestra, de los cuales se seccionaron a 20 cm del DAP, con el diámetro que la misma posee para obtener una probeta, se trabajó con la fórmula de volumen del cálculo del cilindro para obtener el volumen de la probeta y con la fórmula de cálculo de densidad, debido que cuando es sometida a una temperatura de 105°C la probeta disminuye ligeramente en diámetro y peso.

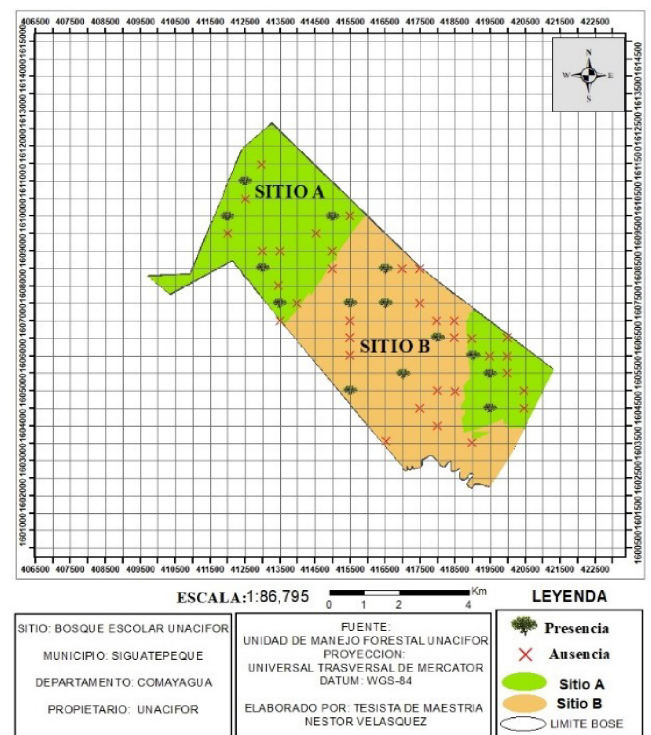
## Resultados

### Poder calorífico

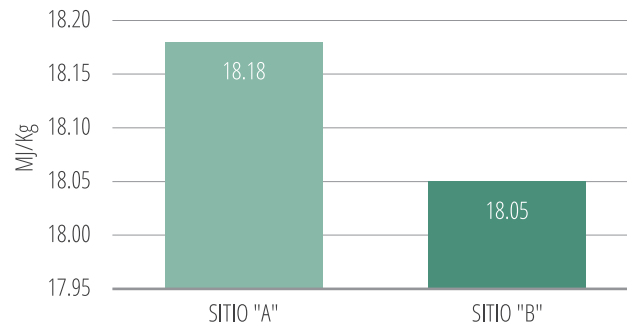
Los resultados obtenidos de la determinación del poder calorífico para la especie *Vernonia patens*, indican que en el sitio "A" el poder calorífico fue de 18.188 MJ/Kg, y para el sitio "B" el poder calorífico fue de 18.055 MJ/Kg. La Figura 5 muestra estos resultados.

Figura 4

Mapa de ubicación presencia o ausencia de la especie (*Vernonia patens*) en el sitio A y sitio B en el bosque UNACIFOR



**Figura 5**  
Análisis comparativo de poder calorífico de los sitio "A" y sitio "B"



**Tabla 2**  
Tabla de densidad inicial por probeta

Variable	n	Media	Desviación	Mediana	Mín	Máx	Rango
dap (cm)	14	6.6	4.0	5.5	2.0	17.0	15.0
alt-prob (cm)	14	20.0	0.0	20.0	20.0	20.0	0.0
rad-cil (cm)	14	9.9	6.5	8.6	2.5	26.7	24.2
vol (cm)	14	8698.8	11866.4	4728.5	392.7	44804.4	44411.7
pes_ini (g)	14	530.5	137.2	490.1	302.4	746.4	444.0
dens (g/cm)	14	16.2	22.1	9.3	1.0	73.8	72.9

**Tabla 3**  
Tabla de densidad final

Variable	n	Media	Desviación	Mediana	Mín	Máx	Rango
dap (cm)	14	6.6	4.0	5.5	2.0	17.0	15.0
alt-prob (cm)	14	20.0	0.0	20.0	20.0	20.0	0.0
rad-cil (cm)	14	9.9	6.5	8.6	2.5	26.7	24.2
vol (cm)	14	8698.8	11866.4	4728.5	392.7	44804.4	44411.7
pes_ini (g)	14	530.5	137.2	490.1	302.4	746.4	444.0
dens (g/cm)	14	16.2	22.1	9.3	1.0	73.8	72.9

## Densidad

Como se observa en la Tabla 2 de densidad inicial y en la Tabla 3 de densidad final, se puede observar leves variaciones en el DAP de la probeta, como también variaciones en el volumen y peso respectivamente de su densidad.

En la Tabla 4 y 5 se muestra la densidad promedio inicial y final por cada sitio, y de esta manera se conoce cuál de los sitios denominado como "A" y "B" indica mayor densidad de las probetas analizadas.

Para mostrar una mejor interpretación de lo expresado, en las tablas 4 y 5 se resumen en los siguientes gráficos (Ver figura 6).

Como se observa en la figura 6, la densidad final es menor con respecto a su densidad inicial como se muestra en el sitio "A" con 19.57 g/cm<sup>3</sup> y en el sitio "B" con 7.96 g/cm<sup>3</sup> de la densidad final.



**Tabla 4***Cálculo de densidad promedio inicial por sitio*

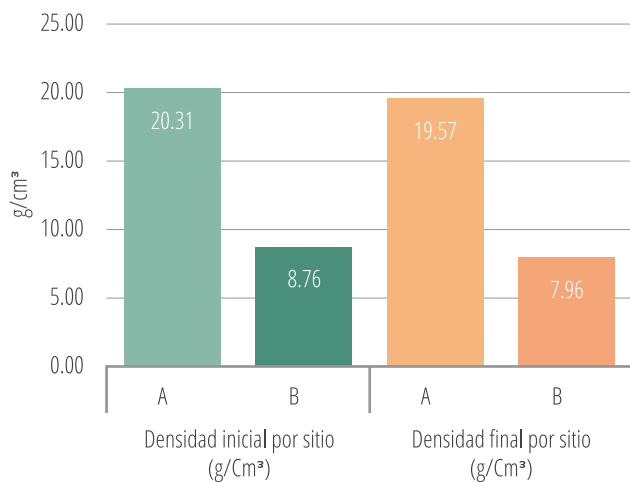
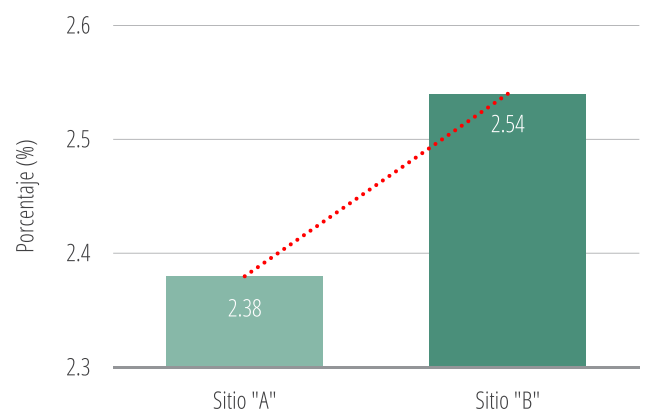
Cálculo de densidad promedio inicial por sitio (g/Cm³)		
	A	B
	73.84	14.80
	60.03	11.11
	14.31	9.54
	1.37	7.37
	3.36	0.96
	9.06	
	11.91	
	5.80	
	3.14	
Sumatoria	182.80	43.78
Promedio	20.31	8.76

**Tabla 5***Cálculo de densidad promedio final por sitio*

Cálculo de densidad promedio final por sitio (g/Cm³)		
	A	B
	67.63	12.00
	59.77	11.76
	15.13	7.08
	1.48	7.91
	2.55	1.05
	9.88	
	10.58	
	6.33	
	2.76	
Sumatoria	176.11	39.80
Promedio	19.57	7.96

## Contenido de humedad

Los resultados muestran que en el sitio "A" se obtuvo un contenido de humedad del 2.28% y en el "B" un 2.54%, el sitio "A" es el que presenta menor contenido de humedad respecto al sitio "B", como lo muestra la Figura 7.

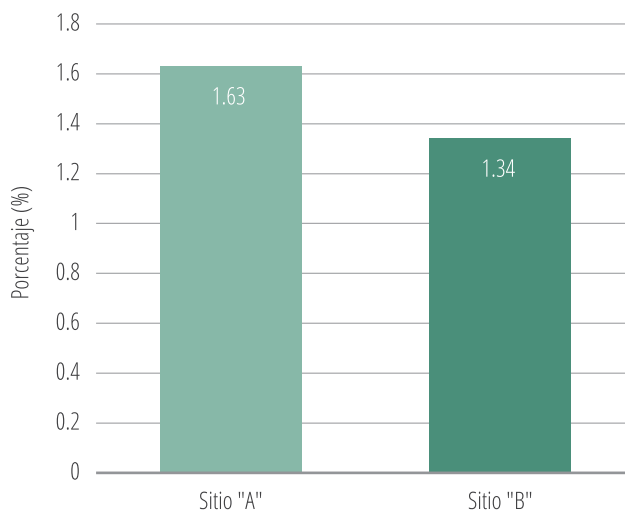
**Figura 6***Grafico comparativo de densidad promedio inicial y final por sitio "A" y "B"***Figura 7***Grafico análisis Contenido de Humedad (%) realizado en laboratorio de energía de Zamorano para los sitios "A" y "B"*

## Contenido de ceniza

Los resultados muestran contenidos de cenizas para el sitio "A" de 1.63% y para el "B" de 1.34%, el sitio "B" muestra un porcentaje menor de contenido de ceniza con respecto al sitio "A", como se muestra en la Figura 8.

**Figura 8**

Grafico de contenido de ceniza (%) para el sitio "A" y sitio "B"



## Análisis de suelo

Los resultados de las muestras de suelo analizadas del sitio "A" y sitio "B" se detallan a continuación en la Tabla 6.

**Tabla 6**

Resultado de análisis de suelo del sitio "A" y sitio "B"

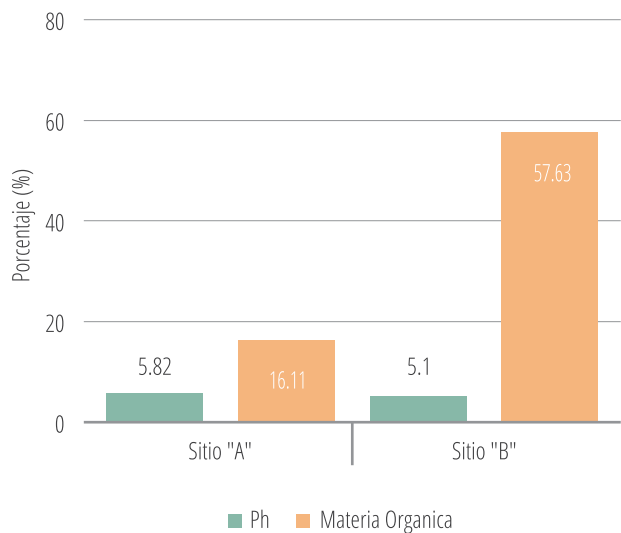
ANÁLISIS DE SUELOS					
	SITIO "A"		SITIO "B"		INTERPRETACIÓN
Ph	5.82	M	5.1	M	%=(g/kg)/10
Materia Organica	16.11	B	57.63	A	
Nitrogeno Total	0.81	B	2.88	M	ppm= mg kg <sup>-1</sup>
Fosforo (P)	7	B	6	B	
Azufre (S)	7.53	B	9.44	B	ppm=mg/dm <sup>3</sup>
Zinc (Zn)	5.52	A	29.47	A	
Cobre (CU)	0.2	B	0.6	M	A=Alto
Hierro (Fe)	96.6	A	227	A	
Manganeso (Mn)	94.1	A	75.5	A	M= Medio
Potasio (K)	433	A	228.9	M	
Calcio (Ca)	350	B	410	B	B=Bajo
Magnesio (Mg)	103.5	B	83.5	B	
Boro (B)	0	B	0	B	

Para una mejor interpretación, se muestran a continuación las Figuras 9, 10, 11, siempre relacionadas con el análisis de suelo.



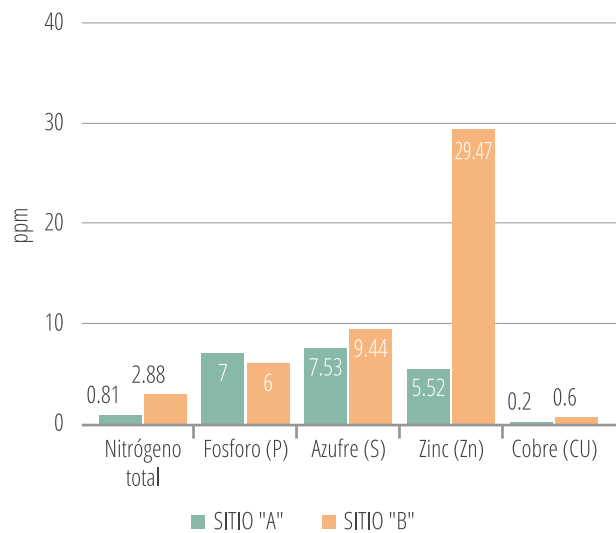
**Figura 9**

Grafico de análisis de suelo de los componentes (pH y Materia orgánica) del sitio "A" y sitio "B"



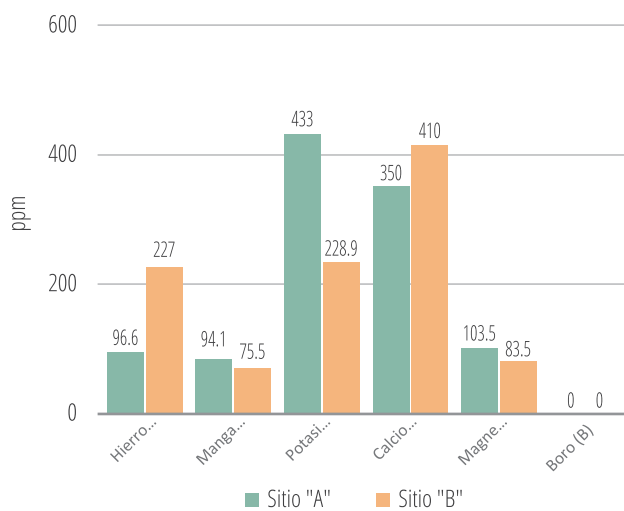
**Figura 10**

Grafico de análisis de suelo de los componentes (Nitrógeno, Fosforo, Azufre, Zinc y Cobre) del sitio "A" y sitio "B"



**Figura 11**

Grafico de análisis de suelo de los componentes (Hierro, Manganeso, Potasio, Calcio, Magnesio y Boro) del sitio "A" y sitio "B"



## Análisis foliar

Los resultados del análisis foliar se detallan en la Tabla 7.

**Tabla 7**

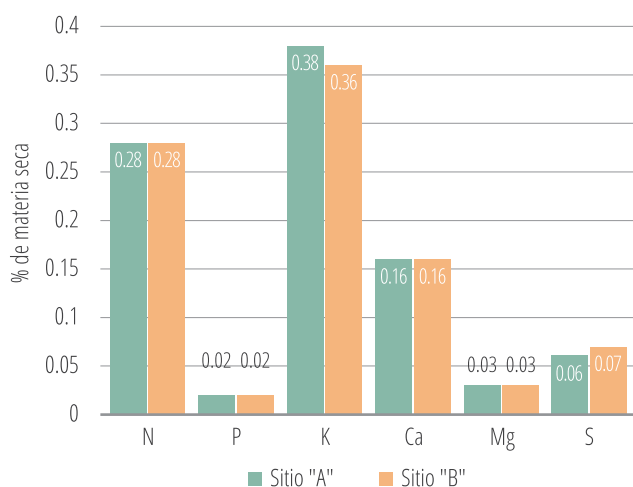
Análisis foliar de % de materia seca (Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre) y de partes por millón (Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc)

	ANÁLISIS FLORIAL									
	% de Materia Seca					Partes por Millón				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn
SITIO "A"	0.28	0.02	0.38	0.16	0.03	0.06	96	124	3	24
SITIO "B"	0.28	0.02	0.36	0.16	0.03	0.07	39	126	3	17

Para una mejor interpretación se muestran a continuación las Figuras 12 y 13 relacionadas al análisis foliar.

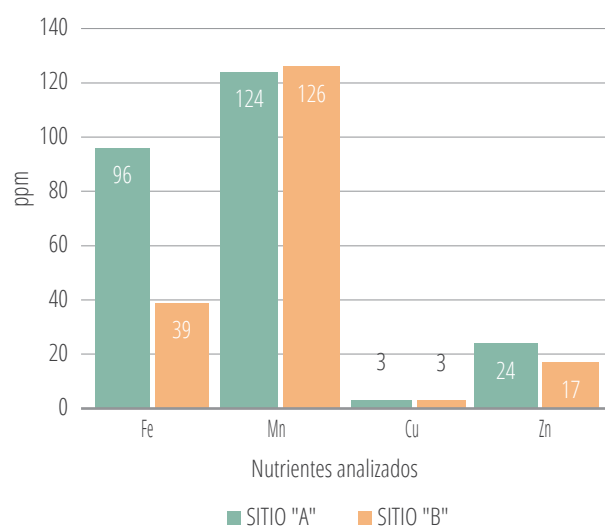
**Figura 12**

Grafico de análisis foliar del % de materia seca (Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre) de nutrientes analizados



**Figura 13**

Gráfico de análisis foliar de parte por millón (Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc) de nutrientes analizados



## Discusion

Para la determinación del poder calorífico presente en los sitios donde hay presencia de la especie dentro de los límites del bosque universitario UNACIFOR, denominados como sitio "A" (con índice de sitio II y III) y sitio "B" (con índice de sitio IV y V), los resultados que presenta para sitio "A" es de 18.188 MJ/Kg y los resultados que presenta el sitio "B" es de 18.055 MJ/Kg, el sitio que presenta mejores resultado con respecto a su poder calorífico es el sitio "A" correspondiente a los índice de sitio II y III, también hay varios factores que incide en el sitio, como mayor densidad y menor porcentaje de contenido de humedad y contenido de ceniza dentro de los parámetros normales, también los nutrientes presentes en el suelo y la planta inciden en los resultados más altos de poder calorífico.

La densidad juega un papel importante ya que es la cantidad de energía que se encuentra almacenada por unidad de masa o volumen, la densidad de la especie *Vernonia patens*, presenta un resultado mayor en el sitio "A" con un valor de 19.57 g/cm<sup>3</sup> y en el sitio "B" presenta un valor menor de 7.96 g/cm<sup>3</sup>, esto refleja que a una mayor densidad presente el sitio "A" incide en un mayor poder calorífico correspondiente al mismo sitio.

Entre tanto, el porcentaje de contenido de humedad desempeña un papel muy importante en todo biocombustible, los resultados obtenidos de la especie *Vernonia patens* para la determinación del porcentaje del contenido de humedad de acuerdo a los sitios donde se extrajeron las muestras denominados como sitio "A" y sitio "B", presentan que para el sitio "A" un porcentaje de contenido de humedad de 2.28% y los resultados que presenta para el sitio "B" un porcentaje de contenido de humedad de 2.54%, se observó que el sitio que presenta el menor porcentaje de contenido de humedad es el sitio "A", lo cual está acorde con la premisa que a menor porcentaje de contenido de humedad mayor poder calorífico.

El porcentaje de contenido de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos térmicos de aprovechamiento de la biomasa que incluyen la combustión, es importante conocer el porcentaje contenido de ceniza en la biomasa, ya que en algunos procesos puede causar un deterioro de los equipos por formación de escorias, los resultados obtenidos de la especie *Vernonia patens* para la determinación del porcentaje del contenido de ceniza de acuerdo a los sitios donde se extrajeron las muestras denominados como sitio "A" y sitio "B", presentan que para el sitio "A" un porcentaje de contenido ceniza de 1.63%, y para el sitio "B" un porcentaje de contenido de ceniza de 1,34%, como se observa el sitio "A" presente un mayor porcentaje de contenido de ceniza.

El análisis de suelo indica cuales son las cantidades de los nutrientes si estos son suficiente o presentan deficiencia de estos en el suelo, en los análisis realizados en los sitios "A" y sitio "B" donde hay presencia de la especie *Vernonia patens* los nutrientes que se encuentran en alta proporción para ambos sitios son: Hierro, manganeso, zinc, y los nutrientes que se encuentra en proporción media en ambos sitios son: pH, y los nutrientes que se encuentran en baja proporción en ambos sitios son: Fosforo, calcio, magnesio, azufre, boro.

Pero hay algunos nutrientes que difieren uno con otro de acuerdo al sitio como ser: la materia orgánica presenta en proporción baja en sitio "A" con respecto a sitio "B" se presenta en proporción alta, el nitrógeno total se presenta en proporción baja en el sitio "A" con respecto al sitio "B" se presenta en proporción media, el potasio se presenta en proporción alta en el sitio "A" con respecto al sitio "B" se presenta en proporción media, el cobre se presenta en proporción baja en sitio "A" con respecto al sitio "B" se presenta en proporción media.

Finalmente, en el análisis foliar los nutrientes analizados en la muestra del arbusto de la especie *Vernonia patens*, para el sitio "A" y el "B" el % de materia seca presentan los mismos valores, en cambio en los nutrientes analizados por partes por millón como ser el hierro, manganeso, cobre y zinc, presentan una pequeña diferencia, pero no significativa.

## Conclusiones

El potencial dendroenergético de la especie *Vernonia patens*, está determinado por sus propiedades químicas y energéticas favorables y sus características físicas que son aptas para el desarrollo de la especie, aunque no existen plantaciones establecidas como tal actualmente, y también no existen investigaciones relacionadas al ámbito de la dendroenergía, la especie actualmente se encuentra dentro del bosque de pino, es parte del sotobosque compuesto por arbustos, y que cuenta con propiedades físico energéticas favorables entre la que se destacan su poder calorífico que ronda entre 18.188 MJ/Kg para su mejor índice de sitio, con lo cual se puede comparar con la especie *Leucaena macrophylla* que muestra un gran potencialidad para uso energético debido que es una especie de rápido crecimiento con facilidad de rebrote y con un poder calorífico de 19.00 MJ/Kg, como se muestra el poder calorífico de ambas especie son bastante similar, con la salvedad que la *Leucaena macrophylla* existen plantaciones establecidas para su uso, en cambio la *Vernonia patens* no cuenta con un establecimiento de una plantación, ni estudios de la capacidad de rebrote de la misma, pero podemos concluir que es una alternativa dendroenergética para la producción de energía, que debe ser tomada en cuenta.

De acuerdo con la literatura encontrada las características biofísicas de los lugares donde se desarrolla la especie *Vernonia patens*, se encuentran en matorrales secos o húmedos y en bosques de pinos, con temperatura que oscilan entre los 19 °C y 24 °C, con una precipitación rodea 900 mm a 1200 mm, y con una altitud 1200 msnm a 1700 msnm, el pH en proporción media, Materia Orgánica en proporciones alta.

Las características biofísicas que se presentan en el bosque universitario UNACIFOR sitio donde se desarrolló la investigación de la especie *Vernonia patens* son favorables ya que es un bosque húmedo subtropical montano bajo con una composición boscosa heterogénea, dominada por *Pinus oocarpa* Schiede, (pino ocote) en el vuelo superior con una mezcla de *Quercus* spp. (Roble), su régimen de temperatura y precipitación oscila entre los 21.8 °C y 23.8 °C respectivamente 800 y 1300 mm; con una altitud sobre el nivel del mar que va desde los 800 msnm hasta aproximadamente los 1400 msnm, y el suelo presente es franco arenoso y en algunos sectores rocoso, con una proporción de pH media y materia orgánica en proporción alta.

Por tal razón, el bosque universitario UNACIFOR es un sitio potencial donde se desarrolla la especie, tomando en cuenta que de acuerdo con el índice sitio II y III correspondiente al sitio "A" presenta las mejores características para el desarrollo de la especie con respecto al sitio "B" con índice de sitio IV y V.

A pesar de ser un arbusto entre 2 a 3 metros de altura y con diámetros 5 a 20 cm, cuenta con características energéticas favorables, con un poder calorífico que ronda entre 18.055MJ/Kg y 18.188 MJ/Kg y con un porcentaje de contenido de humedad que oscila

entre 2.28% a 2.54%, y porcentaje de contenido de ceniza que fluctúa entre 1.34% a 1.63%, por tal razón se concluye que esta especie en un futuro puede ser considerada y tomada en cuenta como una alternativa dendroenergética.

El análisis comparativo de las características biofísicas, químicas y energéticas de la especie *Vernonia patens*, parecen ser similares en la cantidad de proporción de los nutrientes presentes en el suelo donde se encuentra la especie como la materia orgánica, pH, hierro, potasio, nitrógeno, entre otros nutrientes que son absorbidos por la planta y generan un aporte positivo a características químicas y energéticas, del poder calorífico, densidad, contenido de humedad y ceniza.

## Bibliografía

- Altomonte, H., Coviello, M., Lutz, W. (2003). Energías renovables y eficiencia energética en América latina y el caribe: restricciones y perspectivas. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/6426>
- Canel Monterroso, L. Y. (2012). *Actividad antimicrobiana y antimicótica de los extractos de cinco especies de plantas del género vernonia nativas del sur-occidente de Guatemala*. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-879017?lang=es>
- Comisión reguladora de energía eléctrica (CREE). (2022). *Plan indicativo de expansión de la generación 2022-2031*. [https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/Plan-Indicativo-de-Expansion-de-Generacion\\_2022-2031.pdf](https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/Plan-Indicativo-de-Expansion-de-Generacion_2022-2031.pdf)
- FAO. (2020). *Introducción a la dendroenergía*. Colección documentos técnicos N.21, 1. FAO.
- Ley para establecimiento de una visión de país y la adopción de un plan de nación para Honduras. Decreto 286-2009 (2009). <https://www.tsc.gob.hn/biblioteca/index.php/leyes/128-ley-para-establecimiento-de-una-vision-de-pais-y-la-adopcion-de-un-plan-de-nacion-para-Honduras>
- Yescas Albarrán, C.; Cruz León, A.; Uribe Gómez, M.; Lara Bueno, A., & Maldonado Torres, R. (2016). Árboles nativos con potencial dendroenergético para el diseño de tecnologías agroforestales en Tepalcingo, Morelos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(spe16), 3301-3313. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016001203301&lng=es&tln-g=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001203301&lng=es&tln-g=es)