

## **Composición química de la madera de *Cedrela odorata* L. y su relación con las propiedades químicas del suelo de la parroquia Zumba provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador**

Chemical composition of the wood of *Cedrela odorata* L. and its relationship with the chemical properties of the soil of the Zumba parish province of Zamora Chinchipe, Ecuador

**Yadira Abad-Cordero<sup>1\*</sup> Jumbo – Benítez, Nohemí del Carmen<sup>1</sup> Fernández – Guarnizo, Paulina Vanesa<sup>2</sup>. González Rogel, Julia Beatriz<sup>3</sup> . Iñiguez – Ordoñez, Diana Paulina<sup>4</sup>. Pucha – Cofrep, Darwin Alexander<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. 110111, Loja – Ecuador.

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Loja. 110111, Loja - Ecuador

<sup>3</sup> Laboratorio de química. Universidad Nacional de Loja. 110111, Loja – Ecuador.

<sup>4</sup> Laboratorio de Suelos. Universidad Nacional de Loja. 110111, Loja - Ecuador.

\*autor para correspondencia: [ymabadc@unl.edu.ec](mailto:ymabadc@unl.edu.ec)

### **RESUMEN**

Esta investigación busca conocer la relación de la composición química de la madera de *Cedrela odorata* L. con las propiedades químicas del suelo en un ecosistema forestal húmedo al sur de Ecuador. Para ello se tomó muestras de madera de una rama de 1 m de longitud de 10 a 20 cm de diámetro en cinco individuos diferentes. En los laboratorios de química y suelos. Se realizó los análisis de ceniza, extractivos, lignina y holocelulosa en la madera, así como el análisis del nivel de pH, fósforo y nitrógeno del suelo. Para el análisis estadístico se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con el Test de Dunn, y se aplicó una correlación bivariada de Spearman. Los resultados mostraron como componente más abundante a la holocelulosa (62,97 %), seguido de la lignina (30.15 %) y con un menor porcentaje el contenido de extraíbles (5.64) y cenizas (1,24 %). El suelo en donde los individuos crecieron fue muy ácido (pH de 4,70) con un nivel de fósforo medio (33,74 ppm), y un nivel alto de nitrógeno (165,24 ppm). La relación entre las propiedades químicas de la madera y cada una de las propiedades químicas del suelo, dieron como resultado cuatro relaciones, dos positivas (fósforo - lignina con una significancia de 0,1 y nitrógeno - holocelulosa con una significancia = 0,01), y dos negativas (pH - ceniza con una significancia de 0,01 y nitrógeno – lignina con un valor de significancia de 0,04).

**Palabras clave:** Composición química, madera, *Cedrela odorata*, suelos

ISSN N° 2708 - 9843

<https://doi.org/10.47840/ReInA20218>

**Recibido: 25 de octubre 2020**

**Aceptado para su publicación: 09 de diciembre 2020**

## ABSTRACT

The research had the objective of determining the chemical composition of the wood of *Cedrela odorata* L. and its relationship with the chemical properties of the soil in a forest ecosystem; for this purpose, five trees were taken as samples, from which a branch of one meter long of 10 to 20 centimeters in diameter was obtained and the analyses of ash, extracts, lignin and holocellulose of each sample were carried out; the analysis of the level of pH, phosphorus and nitrogen of the soil was made. For statistical analysis, the non-parametric Kruskal-Wallis test was used with the Dunn test, and a bivariate correlation of Spearman was applied. In general, it was obtained that the holocellulose (62,97 %), is the most abundant component, followed by lignin (30,15 %) and with a lower percentage the content of extractable (5,64) and Ashes (1,24 %). The soil where the individuals grew is very acidic (pH of 4,70) with a medium phosphorus level (33,74 ppm), and a high level of nitrogen (165,24 ppm). The relationship between the chemical properties of the wood and each of the chemical properties of the soil resulted in four relationships, two positive (phosphorus - lignin with a significance of 0.1 and nitrogen - holocellulose with a significance = 0,01) and two negative (pH - ash with a significance of 0,01 and nitrogen - lignin with a significance value of 0,04).

**Key words:** Chemical composition, wood, *Cedrela odorata*

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país mega diverso, y privilegiado con la presencia de distintos factores biológicos que generan condiciones favorables para sustentar una exuberante variedad de ecosistemas forestales (Castro, Muñoz, y Pucha, 2018). Estos ecosistemas representan un capital natural importante para el presente y el futuro de las poblaciones humanas, en lo que se refiere a bienes y servicios ambientales (Cayuela y Granzow, 2012). La región sur del país, en particular la provincia de Zamora Chinchipe, se caracteriza por poseer un ambiente adecuado para el desarrollo de gran cantidad de especies arbóreas (Samaniego, Eguiguren, Maita, y Aguirre, 2015), entre las que se encuentra la especie *Cedrela odorata* quien poseen un alto valor comercial, cuya madera es cotizada en los mercados locales, nacionales e internacionales. Por esta razón, esta especie ha sido severamente afectada en su área de distribución por la tala

selectiva, que ha provocado la fragmentación y disminución de sus poblaciones (Bárceñas, Ríos, Aguirre, Juárez y Honorato, 2008). Actualmente *Cedrela odorata* se encuentra protegida por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), y esta categorizada como vulnerable en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Santos García, 2014).

El conocer la composición química de la madera es importante para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, y así definir el uso y aprovechamiento adecuado que se le puede dar a este recurso, lo cual evitaría hacer una extracción indiscriminada de las especies forestales de su ambiente natural (Rosales-Castro et al., 2016). Además, estudiar la influencia de las propiedades química del suelo donde se desarrollan permite a la vez conocer su tolerancia al tipo de suelo, lo que aportará información básica para

planificar el establecimiento de plantaciones futuras (Santos García, 2014).

Los objetivos de la investigación fueron:

Determinar la composición química de la madera de *Cedrela odorata* L.,

Evaluar la relación entre la composición química de la madera de *Cedrela odorata* L., y las propiedades químicas del suelo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se realizó en un ecosistema de la parroquia Zumba cantón Chinchipe provincia de Zamora Chinchipe ubicado a 10 Km de la ciudad de Zumba; entre las coordenadas

**Preparación de las muestras para análisis químico:** A la muestra de madera se procedió a sacar la corteza posteriormente se realizó el lijado utilizando lija N°36, obteniendo así una mezcla homogénea de duramen y albura; finalmente se realizó el tamizado a través de una malla N° 40 (0,42mm)

**Obtención de extractivos:** Para la obtención de extractivos se pesó aproximadamente 4 gramos de muestra, y se colocó en un dedal de celulosa, el cual fue introducido en un extractor de Soxhlet. Se empleó como solvente orgánico el éter de petróleo y etanol. La extracción se dio por finalizada cuando el solvente presentó un aspecto incoloro, se procedió a colocar los balones en el desecador y finalmente se pesó (ver formula en la Tabla 1).

**Determinación de cenizas:** Para la determinación de cenizas se pesó 5 gramos de la mezcla en crisoles previamente pesados, el cual es sometido a altas temperaturas, para finalmente introducir la muestra a la mufla a 575 - 600 °C durante un período de 3 horas; pasado este tiempo se dejó

UTM: 9459623 a 949800 N y 699760 a 699720 E, en un rango altitudinal de 1 500 a 2 300 m s.n.m.

Para la preparación de las muestras y la caracterización química se utilizó las Normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 1978), y la metodología desarrollada por Anguinsaca *et al.*, (2019). Se seleccionó cinco individuos de *Cedrela odorata* L.; considerando parámetros mínimos como

tener un buen estado fitosanitario y fuste recto, de los cuales se recolectó secciones de ramas de un metro de longitud y diámetros de 10 a 20 cm dependiendo del individuo.

enfriar en el desecador, y se procede a pesar para calcular el porcentaje de ceniza (ver formula en la Tabla 1).

**Determinación de lignina:** Para la determinación de lignina se pesó 0,1 gramos de muestra libre de extractivos, a estas se les adicionó 1,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 72 % dejando reposar por 15 minutos para posteriormente agregar 60 ml de agua destilada y hacer hervir a reflujo durante 30 minutos, se esperó que se enfrié para luego filtrar este residuo se lo colocó en la estufa a 100 °C, finalmente pesar (ver formula en la Tabla 1).

**Determinación de holocelulosa:** Para la determinación de holocelulosa se tomó 1 gramo de muestra libre de extractivos, se colocó cada muestra en un matraz y se añadió 150 ml de solución de clorito de sodio al 1,5 % y 10 gotas de ácido acético concentrado, se llevó a baño maría a 70 °C durante 45 minutos agitando constantemente. A esta solución se le agregó 5 gotas de ácido acético concentrado, 1 gramo de clorito de sodio sólido; se procedió a filtrar para finalmente colocarlo en la estufa a 105 °C para su secado y por

ultimo pesarlo (ver formula en el Tabla 1).

**Tabla 1. Fórmulas para determinar la composición química de la madera**

1. % *Extractivo*: 
$$\frac{(masa\ seca\ del\ balón\ con\ extracto) - (masa\ seca\ del\ balón\ vacío)}{masa\ seca\ de\ la\ muestra} * 100$$
2. % *Cenizas* = 
$$\frac{(masa\ de\ cenizas\ obtenidas) - (masa\ de\ crisol\ vacío)}{masa\ de\ muestra\ seca} * 100$$
3. % *Holocelulosa* = 
$$\frac{(Masa\ seca\ del\ papel\ filtro\ +\ residuo) - (masa\ seda\ papel\ filtro\ vacío)}{masa\ seca\ de\ muestra} * 100$$
4. % *Lignina* = 
$$\frac{(Masa\ seca\ del\ papel\ filtro\ +\ residuo) - (masa\ seda\ papel\ filtro\ vacío)}{masa\ seca\ de\ muestra} * 100$$

### Análisis del suelo

Las muestras de suelo fueron recolectadas en el área de cada individuo en un radio de dos metros, para lo cual se cavo un hoyo de 40 por 20 centímetros de profundidad. Para el análisis químico se dejó secar las muestras de suelo, posteriormente se las trituro y se las tamizó a través de una malla N° 10.

**Determinación de pH:** En un frasco de plástico se colocó 20 gramos de muestra de suelo y se agregó 50 ml de agua destilada, se agitó por 5 minutos a 400 rpm, se dejó reposar por 30 minutos, y luego se procedió a leer el pH en el potenciómetro.

**Determinación de Nitrógeno (N):** Se pesó 2,5 gramos de muestra de suelo se agregó 25 ml de solución extractante (Olsen modificado). Después se agitó por 10 minutos a 400 rpm y se filtró; de esta se tomó 2,0 ml, se añadió 8,0 ml de fenol básico y 10 ml de hipoclorito de sodio (NaClO); se dejó reposar por 3 horas sin exponer a la luz directa. La curva de calibración se realizó utilizando las concentraciones de 0 – 62,5 – 12,5 – 18,7 – 25,0 ppm, tomando como punto más alto la solución patrón y como punto más bajo la solución extractante. Se lee la absorbancia a una

longitud de onda de 630 nm, finalmente se interpolo los datos de absorbancia de las muestras de la curva de calibración los resultados se reportan en mg de N por 1000 ml de suelo (ppm).

**Determinación de Fósforo (P):** Se tomó 1,0 ml del filtrado, se añadió 4,0 ml de agua destilada y 5,0 ml de reactivo de color para fósforo. Se dejó reposar por 1 hora. La curva de calibración se construyó con las concentraciones de 0 – 30 – 60 – 90 – 120 ppm, tomando como punto más alto (120 ppm) la solución de 12 mg/ml de P y como punto más bajo (0 ppm) la solución extractante. En el espectrofotómetro UV, se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 680 nm. Al interpretar los datos de absorbancia de las muestras, en la curva de calibración, se reportó directamente el mg de P por 1000 ml de suelo (ppm)

### Análisis y procesamiento de datos.

La tabulación, análisis y procesamiento de datos se realizó en Excel (Microsoft office 2010) y en el programa de InfoStat versión student 2018. Se aplicó una prueba no paramétrica de comparación múltiple de medias de Kruskal-Wallis, con el Test de Dunn a

posteriori, con el fin de evaluar las posibles diferencias significativas de la composición química de madera entre los cinco individuos considerados para el estudio. Para este análisis el nivel de significación a usar fue  $p = 0,05$ . Este análisis se hizo con la ayuda del paquete estadístico InfoStat.

Para conocer la relación entre la composición química de la madera y las propiedades químicas del suelo, se aplicó una correlación bivariada de Spearman (prueba no paramétrica) con un nivel de significancia = 0,05. Este análisis se llevó a cabo con el paquete estadístico InfoStar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición química de la madera de *Cedrela odorata*

La composición química de la madera de *Cedrela odorata* L. analizada en los cinco árboles (Tabla 2), mostró en promedio: 5.64 % de contenido de extractivos, 1,24 % de ceniza, 30,15 % de lignina y 62,97 % de holocelulosa datos similares a los reportados por Tsoumis (1982) con referencia al tipo de madera latifoliadas entre las cuales se encuentra el cedro, con excepción de la holocelulosa.

**Tabla 2. Valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $\pm$  DS) de las propiedades químicas de la madera.**

°	Extractivos (%)	Ceniza (%)	Lignina (%)	Holocelulosa (%)
1	8,09	1,20	30,50	60,21
2	4,57	1,60	32,35	61,48
3	5,64	1,27	23,73	69,37
4	5,89	0,98	28,46	64,68

5	4,1	1,14	35,72	59,13
$\bar{x}$ (%)	<b>5,64</b>	<b>1,24</b>	<b>30,15</b>	<b>62,97</b>
$\bar{x} \pm$ DS	1,57	0,23	4,47	4,13
CV	0,28	0,18	0,15	0,7

El contenido de extractivos para *Cedrela odorata* tuvo un porcentaje de 5,64 % valor cercano al obtenido por Rosales-Castro et al. (2016) quien encontró un porcentaje de 6,10 %, y es superior a los obtenidos por Segura (2019) quien presento valores de 3,5 y 4 % en un estudio realizado en plantaciones de *Cedrela odorata* de nueve y diez años de edad. Además, Aguinaca et al. (2019) reportó valores de 9,54 % para extractivos, el cual supera con gran diferencia los datos antes mencionados y el rango propuesto por Tsoumis (1982). De acuerdo con el resultado obtenido podemos acotar que *Cedrela odorata* al tener un elevado contenido de extractivos presenta cierto grado de resistencia natural al ataque de hongos e insectos, ya que los extraíbles incluyen compuestos tóxicos en su composición química que inhiben el ataque de estos. Además, influyen en la permeabilidad y en las propiedades físicas de la madera, como por ejemplo en la densidad básica, dureza y en la resistencia a la compresión (Panshin y De-Zeeuw, 1970).

El contenido de ceniza de *Cedrela odorata* fue de 1,24 % con diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0,0248$ ) entre los individuos estudiados, este valor está comprendido dentro del rango propuesto por Tsoumis (1982), se acerca a los valores reportados por Segura (2019) quien obtuvo valores de 2,33 % y 0,68 % en un estudio realizado en plantaciones de *Cedrela odorata* de nueve y diez años de edad y está por debajo del valor presentado por

Aguinsaca et al. (2019) quien reporto un valor de 3,25 %. Lima (2013) menciona que la cantidad de cenizas pueden variar de acuerdo a la especie y dentro de la misma, las condiciones del clima y época del año que fue recolectada la muestra, edad del árbol y condiciones edáficas en la que creció el individuo.

El contenido de lignina en *Cedrela odorata* fue de 30,47 % valor similar al obtenido por Santos García (2014); Rosales-Castro et al. (2016) y Gómez, Ríos, & Peña (2012) quienes presentaron valores de 31,6 %, 32,24 % y 33 % respectivamente. Además, Segura (2019) presento valores de 30,89 % y 28,64 % en un estudio realizado en plantaciones de *Cedrela odorata* de nueve y diez años de edad, y Aguinsaca et al. (2019) reportó valores de 16,53 % todos estos valores se encuentran dentro del rango propuesto por Tsoumis (1982). Barahona (2005) Rosales-Castro *et al.* (2016) y Santos García (2014) encontraron valores de 70,67, 71,65 % y 72,76 % respectivamente de holocelulosa, valores superiores al reportado por Gómez, Ríos, & Peña (2012) quien presento un porcentaje de 55 %, además indica que arboles con altos porcentajes de holocelulosa son aptos para la producción de bioetanol. Núñez (2008) manifiesta que los valores pueden ser afectados por factores climáticos y también pérdida de reactivos, esto hace que tengan un porcentaje bajo de holocelulosa. Al tener valores altos puede ser que aún contienen lignina en su composición, y al tener valores bajos es porque han perdido hemicelulosas (Núñez, 2008).

#### **Relación entre la composición química de la madera de *Cedrela odorata* L., y as propiedades químicas del suelo**

indica que su composición de lignina depende de muchos factores, entre ellos, el método utilizado para aislarlas, la especie que se estudie, la edad, parte del árbol, condiciones ambientales en que se ha desarrollado el árbol, etc. Sin embargo, Bauer et al. (2012) Manifiesta que este tipo de resultados puede variar dependiendo del método que se utilice ya que en los diferentes procesos mecánicos y/o químicos de su obtención se puede ir perdiendo debido a la naturaleza heterogénea de las materias primas (madera y pulpa), no hay ningún método disponible actualmente para el aislamiento cuantitativo de lignina natural o residual, sin el riesgo de modificar estructuralmente durante el proceso.

El componente más abundante en la composición química de la madera de *Cedrela odorata* es la holocelulosa con un porcentaje general de 62,97 %.

El análisis de las propiedades químicas del suelo proveniente de los árboles estudiados (Tabla 3), dio como resultado que el suelo en donde la especie creció son suelos muy ácidos (4,69); con un nivel medio de fosforo (33,74 ppm) y un alto contenido de nitrógeno (165,24 ppm). El nivel de pH encontrado se encuentra fuera de los rangos establecidos para el crecimiento de la especie de *Cedrela odorata* que son de 5 (ácido) a 6,1 (ligeramente ácido) (Marroquín, 1988). Sin embargo, Cintrón (1990) y Ávila et al. (2017) mencionan que esta especie crece en suelos ácidos y extremadamente ácidos ricos en fosforo derivados de rocas volcánicas (Ultisoles) y que el denominador común parece ser el drenaje y la aireación del suelo y no su pH.

**Tabla 3. Valores promedio ( $\bar{x}$ ), desviación estándar ( $\bar{x} \pm DS$ ) y coeficiente de variación (CV) e interpretación de las propiedades analizadas del suelo (pH, fósforo y nitrógeno).**

Muestra	pH	Interpretación	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Interpretación	N (ppm)	Interpretación
Árbol 1	4,93	Muy Ácido	13,64	Bajo	91,10	Alto
Árbol 2	4,33	Muy Ácido	36,39	Medio	177,65	Alto
Árbol 3	4,60	Muy Ácido	41,44	Medio	188,01	Alto
Árbol 4	4,90	Muy Ácido	48,85	Alto	249,17	Alto
Árbol 5	4,70	Muy Ácido	28,37	Medio	120,26	Alto
$\bar{x}$	4,69	Muy Ácido	33,74	Medio	165,24	Alto
$\bar{x} \pm DS$	0,24		13,48		61,72	
CV	5,2		39,97		37,35	

Según la prueba de correlación Spearman la composición química de la madera *Cedrela odorata* (extractivos, ceniza, lignina y holocelulosa) y las propiedades químicas del suelo (pH, nitrógeno y fósforo) (Tabla 4). El contenido de ceniza está relacionada negativamente con el nivel de pH del suelo con una significancia igual a 0,01,

Guigues (2019) menciona que el pH tiene un rol importante en la asimilación de ciertos nutrientes como el nitrógeno, de la misma manera el fosforo está relacionado positivamente con el contenido de holocelulosa en la madera con un valor de significancia igual a 0,01.

**Tabla 4. Relación estadística no paramétrica (Spearman) de la composición química de la madera de *Cedrela odorata* y las propiedades químicas del suelo.**

			Composición química de la madera			
			Extractivos	Ceniza	Lignina	Holocelulosas
Coeficiente de correlación significancia	P	H	0,12	<b>-0,61*</b>	0,04	-0,17
			0,67	<b>0,02</b>	0,89	0,55
	P		-0,16	-0,24	-0,48	<b>0,63**</b>
			0,54	0,36	0,07	<b>0,01</b>
	N		-0,23	-0,22	<b>-0,48*</b>	<b>0,62**</b>
			0,39	0,41	<b>0,04</b>	<b>0,01</b>

El nitrógeno está relacionado negativamente con la lignina con un coeficiente de relación de -0,48 (significancia 0,04), y positivamente al contenido de holocelulosa con un coeficiente de relación de 0,62 (significancia igual a 0,01) está información es similar a la encontrada por Quito (2019) quien manifestó que el nitrógeno del suelo está relacionado negativamente con la lignina, dando un valor de coeficiente de correlación de -0,470 (Sig. = 0,049) y la holocelulosa está relacionada directa y

proporcionalmente al nivel del nitrógeno, con un coeficiente de correlación de 0,769 y un valor de significancia de 0,001 en un estudio realizado con la especie *Schizolobium parahyba*. Según Rodríguez y Flores (2004) el nitrógeno tiene una acción directa sobre el incremento de la masa porque favorece el desarrollo del tallo y el crecimiento del follaje, para lograr un mejor crecimiento los niveles deben mantenerse alrededor de los 100 a 150 ppm, niveles cercanos al encontrado en este estudio que es de 165,24 ppm.

## CONCLUSIONES

La composición química de la madera de *Cedrela odorata* del ecosistema forestal de la parroquia Zumba provincia de Zamora Chinchipe indica que la holocelulosa y la lignina son los componentes más abundantes y el contenido de extractivos y ceniza los componentes menos abundantes.

La composición química de la madera *Cedrela odorata* bajo las condiciones de este estudio se ve influenciada por las propiedades químicas del suelo

Los individuos de *Cedrela odorata* crecieron en suelos muy ácidos, con un contenido medio de fósforo y con un nivel alto de nitrógeno, estas propiedades establecieron cuatro relaciones estadísticamente significativas con la composición química de la madera de esta especie, estas son: fósforo vs. holocelulosa y nitrógeno vs. holocelulosa con una correlación positiva; mientras el pH vs. ceniza y nitrógeno vs. lignina con una correlación negativa

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguinsaca F., Rey, Y., Luzón, C., Jumbo, N., Fernández, P., González, J., & Pucha-Cofrep, D. (2019). (2019). *Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador*. Bosques Latitud Cero, 9(1), 110-118.

Ávila, R., Cruz, S., Domingo, H., Marmillod, D., Sagüi, H., Favio, A., ... Ramírez González, R. (2017). *Cedro Cedrela odorata. paquete tecnológico forestal*. Guatemala,

INAB. Recuperado de [www.inab.gob.gt](http://www.inab.gob.gt)

Barahona, G. 2005. Variación de la composición química en albura, duramen y altura de madera pulpable de *Eucalyptus globulus* proveniente de monte alto y monte bajo. <https://pdfs.semanticscholar.org/282b/b7c34d00a885d1e26d81fe928df4b3ea7144.pdf>

Bárcenas, G. M., Ríos, R., Aguirre, J. R., Juárez, B. I., & Honorato, J. A.

- (2008). Composición química y densidad básica relativa de la madera de dos especies arbustivas de encino blanco de la Sierra de Álvarez, SLP, México. *Madera Bosques*.
- Bauer, S., Sorek, H., Mitchell, V.D., Ibáñez, A.B. Y Wemmer, D.E. (2012). Caracterización de lignina de *Miscantus giganteus* aislada mediante proceso Organosolv con etanol en condiciones de reflujo. *Revista de química agrícola y alimentaria*, 60, 8203-8212
- Castro, J., Muñoz, D., & Pucha, D. (2018). *Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur del Ecuador*. 8(2), 16-29.
- Cayuela, L., & Granzow, I. (2012). Biodiversidad y conservación de bosques neotropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2), 1-5. <https://doi.org/10.7818/re.2014.21-1-2.00>
- Cintrón, B. B. (1990). *Meliaceae familia de la caoba*. 128-134.
- Gómez, E. A., Ríos, L. A., & Peña, J. D. (2012). Madera, un potencial material lignocelulósico para la producción de biocombustibles en Colombia. *Informacion Tecnologica*, 23(6), 73-86. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000600009>
- Guigues, A. A. (2019). *Evaluación de crecimiento de plantulas de Cedrela odorata y Grevillea robusta en diferentes sustratos durante su fase de propagación, Lima*. (August), 95. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31450.90563>
- Lima, L. (2013). *Evaluación De La Composición Química Y Propiedades Físicas De Madera Y Corteza De Cuatro Coníferas Para La Producción De Bioenergía*. Universidad autónoma de nuevo león.
- Marroquín, G. G. (1988). *Experiencias colombianas con cedro (Cedrela odorata L.)*. Por: Bogota-Colombia.
- Núñez, E. (2008). *Obtenido de Química de la madera*. Obtenido de <http://www.cenunez.com.ar/archivos/69-Paz>
- Panshin, A.J., De-Zeeuw, C. 1970. Libro de texto de tecnología de la madera, vol. 1, tercera edición, Estructura, Identificación, Usos y Propiedades de las Maderas Comerciales de Estados Unidos y Canadá. Mc. Serie Graw Hill en Foresta Fesources. E.E.U.U. 652p
- Quito, J. Jumbo, N. Fernández, P(2019). La composición química de la madera de *Schizolobium parahyba* y su relación con las propiedades químicas del suelo, en la Quinta Experimental "El Padmi", provincia Zamora Chinchipe. *Revista Bosques Latitud Cero* vol. 9(2) p.47-6
- Rodriguez, M., & Flores, V. (2004). Elementos Esenciales Y Beneficiosos. *Cyted*, (3), 25-36. Recuperado de <http://www.cyted.org>
- Rosales-Castro, M., Honorato-Salazar, J. A., Santos-García, A. B., Pérez-López, M. E., Colotl-Hernández, G., & Sánchez-Monsalvo, V. (2016). Composición química de las hojas y ramas de *Cedrela odorata* L. de dos plantaciones forestales como fuente de materia prima lignocelulósica. *Madera y Bosques*, 22(2), 131. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2>

221330

3456789/2909/1/T2.111.pdf

Samaniego, N., Eguiguren, P., Maita, J. A., & Aguirre, N. (2015). *Clima de la Región Sur el Ecuador : historia y tendencias*. (March 2016).

Santos García, A. B. (2014). *Evaluación química de subproductos de Cedrela odorata L. (cedro rojo) y propuesta de gestión para su aprovechamiento*. 97. Recuperado de <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/12>

Segura, B. (2019). *Propiedades de la madera de Cedrela odorata de nueve y diez años en un saf con theobroma cacao , comparado con una plantación pura de diez años. turrialba, costa rica.*

Tsoumis, George. (1982). *Ciencia y Tecnología de la Madera*. Editorial Van Nostrand Reinhold. Nueva York