

## **VALIDACIÓN DE LA PROCEDENCIA MEDIANTE NÚMEROS ALEATORIOS DE MUESTRAS DE ÁRBOLES DE *Pinus caribaea morelet var caribaea* Barret Golfari, CAJÁLBANA, PINAR DEL RÍO**

Msc. Fabio Luaces-White<sup>1</sup>, Dr. Daniel Álvarez-Lazo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de arquitectura. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Calle 114, No. 11901. E/ 119 y 129, Cujae, Marianao, Ciudad de La Habana, Cuba

E-mail: [flwhite@arquitectura.cuaje.edu.cu](mailto:flwhite@arquitectura.cuaje.edu.cu)

<sup>2</sup>Universidad de Pinar del Río, Martí #270, esq. 27 de noviembre, Pinar del Río, C.P. 20100, Cuba.

### **RESUMEN**

Este artículo propone un procedimiento para corroborar la procedencia de muestras obtenidas a partir de árboles de *Pinus caribaea morelet var caribaea* Barret Golfari mediante la utilización de la simulación con números aleatorios y modelos estadísticos para la comparación de distribuciones acumuladas y leyes de probabilidad, de manera que el cumplimiento de las leyes de comportamiento de sus propiedades, se validen en la relación con otros muestreos en poblaciones de árboles del mismo sitio con muestreo suficientemente probados. Esto establece la seguridad en el muestreo y controla la excesiva utilización de probetas de los árboles independientemente de que se verificara además la cantidad necesaria real para establecer un modelo de comportamiento adecuado. Para lo cual se utilizaron modelos estadísticos mediante la simulación de poblaciones de datos, lo cual es cada día más común producto de la garantía en la evaluación correcta de la calidad de procedencia de los productos. En este trabajo se determinaron que las propiedades del sitio Cajalbana de la zona "La Palma" de la provincia de Pinar del Río donde se realizaron ensayos en tamaño estructural a probetas de 10 árboles y se compararon con probetas pequeñas libres de defectos del mismo sitio con otras técnicas no destructivas de ensayos.

**Palabras clave:** Pinus caribaea, procedencia, muestreo, simulación

### **SUMMARY**

In this article propose an procedure for to determine the origin of the samples obtain of the trees of *Pinus caribaea var caribaea morelet Barret Golfari* by means of the simulations of random numbers and models statistical for the comparison of distributions accumulated and law of probability that compliment the law of behavior of the properties, validate the relation with others samples in populations of the same place with samples very proveds. This establish the security in the sample and control the excess of the samples of the tree independent that verify the need the samples for to establish a models of behavior fitting. For that the utilization of models statistical means the simulation of population of dates that each is more common products of the security in the evaluation correct of the quality of the origin of the products. The investigation to determined that the properties of the place Cajalbana of the zone "La Palma" of the province of Pinar del Río where this testing was fulfill of the elements structural of the ten trees and this was compared with small clear of the same place with others technicals not destructive of testing.

**Key words:** Pinus caribaea, provenance, sampling, simulation

### **INTRODUCCION**

Una de las problemáticas a la hora de la determinación de la procedencia y verdaderas propiedades físico mecánicas de un sitio es la aproximación que dan las muestras a sus valores

reales. Donde esto conspira contra la veracidad de los resultados obtenidos del muestreo como la forma o el método de obtención de estas. La practica internacional evalúa lotes de madera para su comercialización, donde el problema esta en si la cantidad de productos de evaluación permite la definición de una calidad final en las poblaciones de arboles de la procedencia que se comercializan.

El objetivo de este trabajo es establecer una metodología para corroboración de la procedencia de las muestras con destino a la evaluación de sus propiedades físico mecánicas y la posterior obtención de sus valores característicos.

## **MATERIALES Y/O METODOS**

### **a) Ensayos mecánicos.**

#### **Probetas tamaño estructural.**

La selección de los cuerpos de prueba se obtuvieron en el municipio 'La palma', donde se encuentra la Unidad Forestal Integral "La Palma", es donde se obtuvieron los arboles para la investigación en el sitio Cajálbana con un muestreo al azar del aserradero "La Varia". Del grupo de arboles evaluados se seleccionaron mediante un muestro aleatorio, 10 de árboles respetando que la cantidad de árboles muestreados fuera mayor que 5 según la norma ASTM D 5536 y de estos se obtuvieron las probetas distribuidas en la dimensión longitudinal de los árboles ensayos realizados mediante la norma EN408. (Ver foto No. 1).



**Foto 1 Probetas en tamaño estructural de 50x50x100 cms.**

Para llevar a cabo los ensayos estáticas de flexión, conforme a las prescripciones de la norma EN 408, se realizaron en los Laboratorios de propiedades mecánicas del (CIME), de Ciudad de la Habana, utilizándose una máquina universal P-20 RUSA con capacidad máxima de 0-20 toneladas, con certificado de verificación 09-050305 y escalas variables que permiten obtener



**Foto 2 Máquina universal P-20 RUSA**

con precisión la carga y su deformación aplicada en todos los casos, como puede verse en las foto siguientes: (Ver fotos 2,3,4)



**Foto 3 Inicio de la flexión del elemento estructural**



**Foto 4 Final de la flexión del elemento estructural**

**Probetas pequeñas libre de defectos.**

La técnica de espectroscopia infrarroja es una técnica muy eficiente para evaluar los MOR y el MOE de un elemento estructural de madera y es utilizado en muchos países para la evaluación de la calidad de la madera serrada. Para realizar la evaluación se realizaron ensayos de pequeñas probetas libre de defectos de Cajálbana, cuyos cuerpos de prueba libres de defectos fueron obtenidos sobre la base de un muestreo de 102 probetas que fueron ensayadas con probetas con dimensiones de 20x20x30mm y 20x20x340mm obtenidas de los 10 árboles.

Estas probetas fueron extraídas del diámetro del tronco de los árboles de acuerdo a su disposición en la albura y duramen. Los resultados obtenidos de estos ensayos fueron los siguientes sobre la base de ensayos destructivos y espectroscopia infrarrojas. Álvarez *et al.* 2007. (ver Tabla 1)

**Tabla 1**

<b>Propiedades de ensayos.</b>	<b>Dimensiones. (mm)</b>	<b>Numero de muestras.</b>
<b>Densidad (Dens)</b>	<b>20x20x30</b>	<b>102</b>
<b>Modulo de elasticidad(MOE)</b>	<b>20x20x340</b>	<b>102</b>
<b>Compresión paralela(MORC)</b>	<b>20x20x60</b>	<b>102</b>

**Ensayos físicos.**

Los ensayos físico de densidad para las probetas en tamaño estructural fueron realizados en los laboratorios del departamento de Fundamentos Químicos y Biológicos de la CUJAE, Ciudad de la Habana, para él calculo de la densidad se utilizo el método de máximo contenido de humedad Valencia *et al.* (1997), para lo cual se colocaron las muestras pequeñas en un recipiente de agua durante 24 horas, que posteriormente fueron pesadas después de quitar él exceso de agua, obteniéndose el peso saturado. Se utilizo una balanza de precisión de 0.001g para las pesadas de las muestras y una estufa de 0-300 grados Celsius, donde fueron de secadas las pequeñas muestras. (Ver fotos 5,6,7)



**Foto 5 Pequeñas probetas para hornear en la estufa**



**Foto 6 Balanza de precisión de 0.001g**



**Foto 7 Estufa de 0-300 grados Celsius**

## MÉTODOS

### Metodología empleada.

Ahora antes de cualquier juicio lo primero es conocer si la ley de probabilidad de la muestra, se corresponda con la localidad propósito de evaluar, para lo cual se compara la función de probabilidad obtenida por ensayos anteriores con las funciones de probabilidad de las muestras a evaluar. A partir de los datos de la MOE en la muestra de tamaño estructural se determina la ley de probabilidad de la muestra anterior en lugar de estudio para este caso las muestras de Cajalbana en probetas pequeñas y de la cual se conoce que predominó fue la distribución normal mediante el programa MATLAB. Por otro lado es necesario analizar la procedencia de las muestras a partir de la densidad de las probetas tamaño estructural comprobando cuánticamente que son del mismo lugar, lo que se corrobora en los análisis. Por otro lado se verifica la congruencia en las leyes de distribución para aseverar la misma procedencia.

Donde entonces estamos en condiciones de determinar el número de probetas que consideren dentro de esta a la población real a evaluar. Pudiendo aplicar dos procedimientos de análisis general uno paramétrico y otro no paramétrico. El paramétrico asume que la distribución es conocida para una población, pero si la suposición es incorrecta, puede llevar a los resultados inexactos. Por consiguiente, la aproximación paramétrica es usada, como ensayos estadísticos apropiados y puede ser empleada esta opción junto con las medidas de suficiencia del ensayo. Alternativamente la aproximación no paramétrica requiere de menos suposiciones, y es en generalmente más conservadora que el procedimiento paramétrico. En nuestro caso asumimos el paramétrico.

En la selección del tamaño de la muestra para la estimación utilizamos el Método Paramétrico Two-Stage de la ASTM D-2915, donde la propiedad o propiedades dependen de las variaciones reales que ocurren en la población, y la precisión con que las propiedades serán estimadas. Las cinco tensiones admisibles y el módulo de elasticidad para varios percentiles de la población pueden estimarse además para todas las propiedades, no paramétrica o paramétrica. Las técnicas son aplicables normalmente, el promedio del módulo de elasticidad y el promedio de la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, para las calidades que se estiman. El objetivo general es estimar el valor de las propiedades lo más cercano al mínimo de la propiedad.

Para determinar el tamaño de la muestra se debe estimar el promedio por el método bietápico, con el uso de la siguiente, la ecuación (1). Esta ecuación asume que los datos están normalmente distribuidos y que la media será estimada a dentro de 5% con la confianza especificada.

$$N=(ts/0.05X)^2=([t/0.05]*CV)^2.....(1)$$

Donde:

N= tamaño de la muestra.

S= desviación standard.

X= media de los valores de la muestra.

CV= coeficiente de variación.

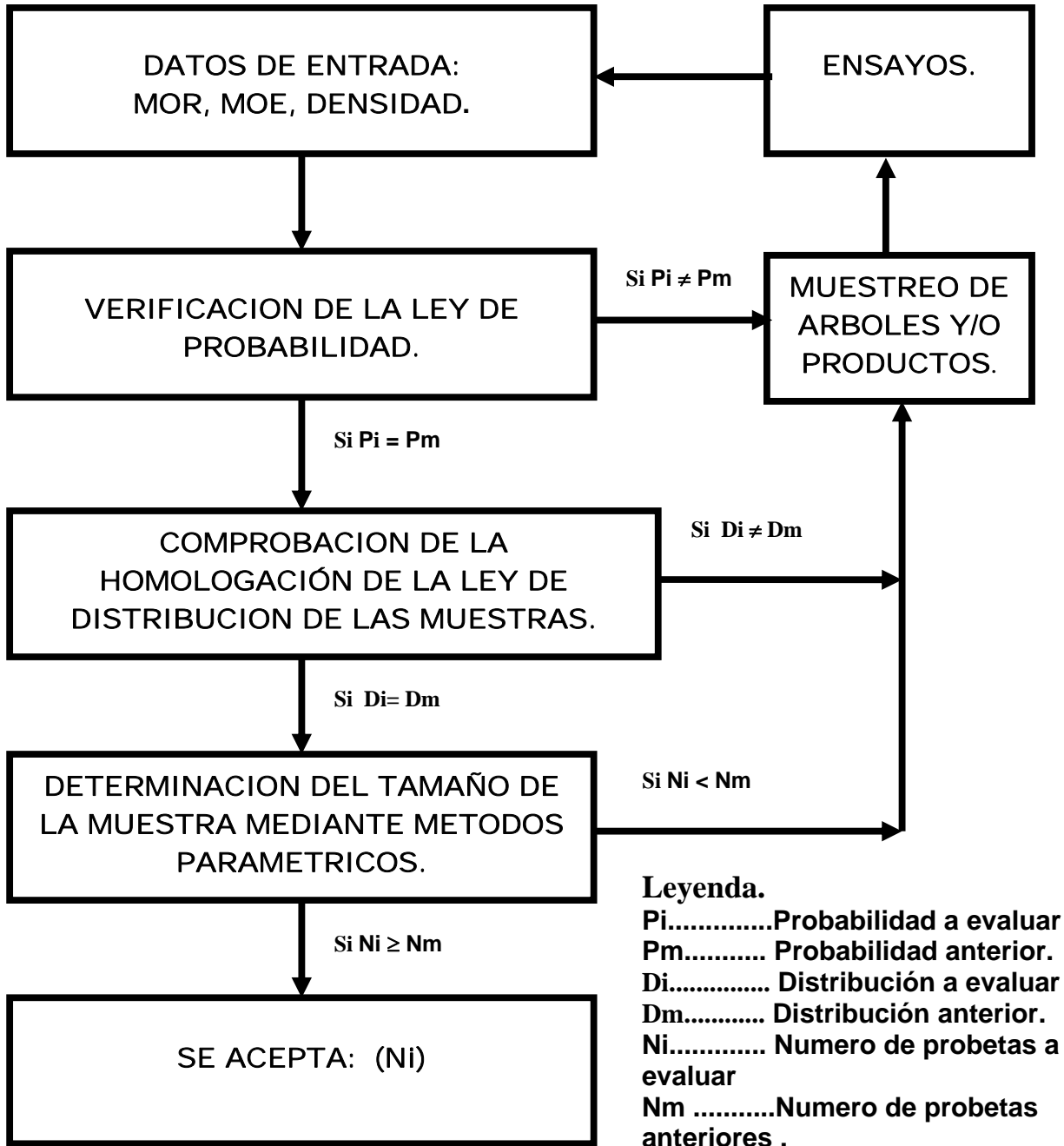
0.05= precisión estimada.

t= valor estadístico.

A menudo los valores de (s), ( $\bar{X}$ ), y de (t) o (CV) y (t) no son conocidos antes de que se programe el ensayo. Sin embargo, (s) y ( $\bar{X}$ ) o (CV), puede aproximarse usando los resultados de otros programas de ensayos, o simplemente pueden suponerse.

En esta investigación se usó el valor medio de MOE de la muestra ensayada y su desviación standard para estimar el nuevo tamaño de la muestra a partir de ecuación (1), donde el valor de (t) se toma de la ASTM D2915. A continuación se muestra la metodología seguida. (Ver Figura 1.)

### ETAPA 3 CORROBORACION DE LA PROCEDEDENCIA



## RESULTADOS Y DISCUSION

En cuanto las propiedades utilizadas para la validación de la muestra se compararon los Módulos de elasticidad de los árboles del sitio tomando probetas en tamaño estructural (te) y comparándolas, con las muestras de los ensayos en probetas pequeñas (pp), para certificar que las muestras fueran extraídas del mismo lugar. Donde la comparación de sus funciones de probabilidad se agrupaban alrededor de una función probabilidad normal, caracterizando la localidad en cuanto en a su comportamiento, por la misma presencia de defectos y de otros factores incluidos en lugar y que justifican el comportamiento similar posterior de sus distribuciones. (Ver Figura 2,3)

FIGURA 2 Linealidad del MOE alrededor de la función de probabilidad normal para probetas de tamaño estructural

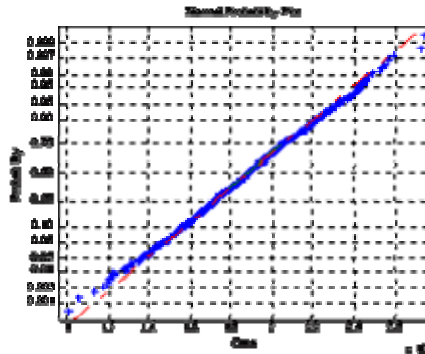
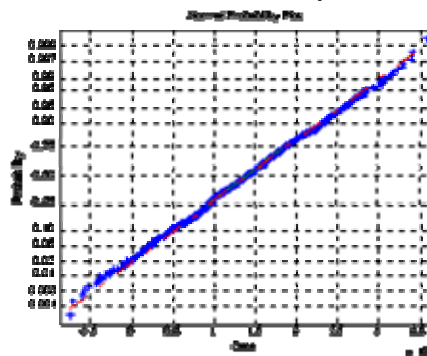
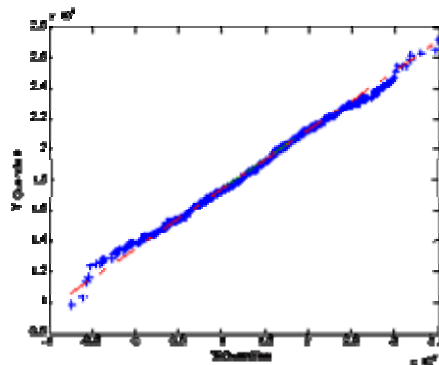


FIGURA 3 Linealidad del MOE alrededor de la función de probabilidad normal para probetas pequeñas



Ahora también para la localidad se compararon sus densidades para analizar también si estas procedían del mismo lugar, encontrándose que las distribuciones acumuladas empíricas también respondían análogamente en cuanto a una distribución acumulada normal. (Ver Figura 4)

**FIGURA 4 Linealidad de la densidad alrededor de la función acumulada normal para la densidad en probetas pequeñas y tamaños estructural**



Por lo que ambos criterios certificaron que las muestras obtenidas eran de igual procedencia en cuanto al sitio. Lo cual demuestra la eficacia de la prueba y su vital importancia para los futuros análisis y resultados.

Otro aspecto de suma importancia es garantizar que el tamaño de la muestra garantice una dimensión válida para explicar el comportamiento de las variables de análisis, por lo que es importante partir al menos del conocimiento de muestreos anteriores, como lo es el caso de las probetas pequeñas libres de defectos de Cajálbana cuyo muestreo es válido para la explicación de este fenómeno, para eso es necesario calcular la cantidad de probetas mediante la norma ASTM D2915 garantizando mayor grado de confianza adecuado para el análisis. Entonces la aplicación de la normativa dio como resultado, que  $N_m$  probeta pequeña = 20 <  $N_i$  tamaño estructural = 29 por lo que el muestreo se encuentra del lado de la seguridad en cuanto a la validación de los resultados.

## CONCLUSIONES

Como conclusión en los criterios de evaluación se pudo apreciar:

1. Que se validó la procedencia de las muestras obtenidas en tamaño estructural, demostrando eran del mismo lugar.
2. Se evidencia que las funciones de probabilidad y las distribuciones acumuladas empíricas se agrupaban dentro del comportamiento normal lo cual explica la similitud con el sitio.
3. Además se demuestra la importancia de que para la corroboración de la procedencia se debe realizar sobre la base de ensayos anteriores del mismo lugar para la garantizar la coincidencia muestral.
4. Por lo que se puede recomendar el método en estudios de análisis y comprobación de muestras de cualquier lote de productos o muestras de árboles de dudosa procedencia.

## BIBLIOGRAFIA

1. W. Guerra Bustillo, Caridad y colectivo de autores. Estadística. Editorial 'Felix Várela' La Habana. 2003.
2. Roberto Valdez Rojas Y Mayra Calvo Noda. Informe sobre el sitio forestal unidad silvicultural Marbajita y Caiguanabo. 2007.
3. CEN. EN 408\_Timber structures-structural timber and glued laminated timber determination of some physical and mechanical properties 2004.
4. American Society for Testing and Materials. (ASTM 2915-98). Standard practice for evaluating allowable properties for grades of structural lumber . VOL.04-09.2003

5. American Society for Testing and Materials. (ASTM D 5536) (Reapproved 1999) Standard Practice for Sampling Forest Trees for Determination of Clear Wood Properties. USA 2004.
6. Calero Vinelo, Arístides. "Estadística I." Editorial. Felix Várela. La habana, 2003.
7. Calero Vinelo, Arístides. "Estadística II." Editorial. Felix Várela. La habana, 2003.
8. Calero Vinelo, Arístides. "Estadística III." Editorial. Felix Várela. La habana, 2003.
9. Freund, John E. "Estadística Elemental Moderna" Editorial. Pueblo y Educación, 1977.
10. Guerra Bustillo, Caridad W. "Estadística." Editorial. Felix Várela. La habana, 2003.
11. R. Spiegel, Murray. "Teoría y problemas de estadística" 1987.
12. Valencia Salvador, Manzo. y Vargas Hernández, Jesús., "Método empírico para estimar la densidad básica en pequeñas muestras de madera". Revista. Maderas y Bosques 3 (1) PP 81-87, 1997.
13. Smith D. M., "Maximun moisture content method for determining specific gravity of small wood samples" . Rev. Forest Products Laboratory. Report 2014. Madison. W.I. 8p1954
14. Alvarez. Lazo, Daniel y otros, 2007."Variation of wood properties of different provenances of Pinus caribaea development of expedite methods by nears". PORTUGAL: 3d. GEMA Meeting - Iguazú.
15. Hernández ,Luís M. y otros. " Probabilidades. Ed. Felix Varela. La Habana. 2005.