

Variación del módulo de ruptura en cinco especies maderables

Dr. Robert Hoyle Jr.*
 M.S. Juan B. Tuk D.**
 Ing. Fernando Monge***

1. Introducción

La inclinación del grano se define como la dirección de las fibras o grano respecto a los cantos paralelos de una pieza dada. Es el producto ya sea de un aserrado diagonal o de un grano de crecimiento con dirección irregular. La medida de esta inclinación o ángulo formado se suele medir como la magnitud de unidades lineales necesarias para desplazarse unitariamente en la dirección ortogonal. Así por ejemplo, una inclinación del grano de 1 en 15 significa que el grano se desvía un centímetro del borde en 15 centímetros de longitud. Cuando se presenta en forma simultánea: grano en diagonal y espiral, la inclinación del grano actual será la combinación de ambos ángulos.

En algunas aplicaciones estructurales de la madera, la inclinación del grano determina en gran medida la resistencia mecánica de un elemento. Así por ejemplo, reduce el módulo de ruptura de una pieza sujeta a flexión al aumentar la magnitud de la inclinación. De la misma manera aumenta la resistencia al esfuerzo cortante. Estas variaciones en cuanto a las características mecánicas se pueden explicar al considerar la dirección de los esfuerzos principales generados por la acción de las sollicitaciones externas.

En la definición del nivel de defectos admitidos en cada uno de los grados estructurales, el efecto de reducción en flexión en que interviene la inclinación máxima del grano es importante. Por esta razón se desarrollaron una serie de ensayos que permitieran juzgar los valores usados en la deducción de las razones de reducción de resistencia. Estas razones de reducción son el producto de, entre otros factores, inclinación del grano. Para

* Director del Departamento de Estructuras. Washington State University.
 ** Director del Centro de Investigación de Ingeniería en Maderas del I.T.C.R.
 *** Investigador del Centro de Investigación de Ingeniería en Maderas del I.T.C.R.

considerar varias inclinaciones en las normas de clasificación para maderas costarricenses, se emplearon los valores recomendados por ASTM-D245-79. Estos valores se muestran en la Tabla No. 1.

TABLA No. 1. Razón de reducción correspondiente a varias inclinaciones del grano. (ASTM - D245 - 79).

Inclinación del grano	Razón de reducción máxima %	
	Resistencia a la flexión y tensión paralela	Resistencia a la compresión paralela
1:6	40	56
1:8	53	66
1:10	61	74
1:12	69	82
1:14	74	87
1:15	76	100
1:16	80	
1:18	85	
1:20	100	

Para determinar estos valores de reducción se emplearon cinco especies:

- Botarramas (Vochysia ferruginea)
- Gavilán (Pentaclethra macroloba)
- Jaúl (Alnus acuminata)
- Laurel (Cordia alliodora)
- Pilón (Hieronyma alchorroides)

Los ensayos mecánicos se realizaron en probetas sujetas a flexión.

2. Procedimiento

Para efectuar este estudio se prepararon muestras con diferentes inclinaciones del grano previamente establecidas. Se ensayaron 5 niveles de inclinación con 5 repeticiones.

Las muestras para cada nivel de inclinación fueron asignadas en forma aleatoria. Todas las muestras fueron obtenidas de una misma troza con un contenido de humedad de 12 0/o.

Los niveles de inclinación fueron establecidos con base en experiencia previa y fueron:

INCLINACION	ANGULO EQUIVALENTE
1:0	0°.
1:10	5.7°.
1:8	7.1°.
1:6	9.4°.
1:4	14°.

2.1 Ensayo de flexión

Para el ensayo de flexión se emplearon muestras de 5 x 5 x 70 centímetros de longitud. Las cargas se aplicaron en los puntos tercios del claro. (Véase Figura 1). La velocidad de avance de las cabezas de carga fue de 1.6 mm/minuto.

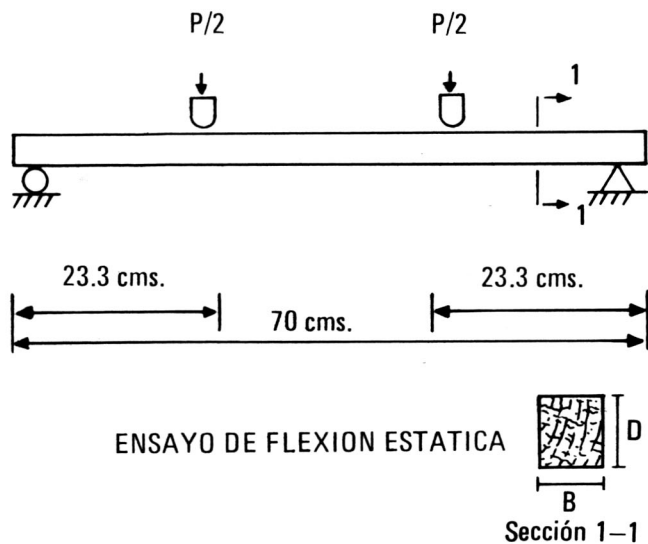


FIGURA 1. Dimensiones de muestras empleadas en flexión.

Para el cálculo de las propiedades de resistencia y elasticidad se emplearon las siguientes fórmulas:

$$MR = \frac{P_{max} L}{BH^2}$$

$$ME = \frac{1.04 P_1 L^3}{36.348 \times 0.20 \times D_1 I}$$

Donde:

- MR = módulo de ruptura
- P_{max} = carga última
- L = claro de la viga
- B, H = ancho y peralte de sección transversal
- ME = módulo elástico
- P₁ = carga en el rango elástico
- D₁ = deflexión al centro debido a la acción de la carga P₁
- I = momento de inercia de la sección
- 1.04 = factor de normalización, véase ASTM D:2915
- 0.202 = factor de magnificación del graficador

3. Resultados

Los resultados del ensayo de flexión en vigas con 5 niveles de inclinación del grano se muestran en la Tabla No. 2 para el módulo de ruptura. En esta Tabla se presenta el promedio de cinco ensayos para cada una de las cinco especies.

El gráfico de la Figura 2 muestra la relación entre la inclinación del grano y el módulo de ruptura para las especies de Pílon, Laurel y Jaúl. La Figura 3 muestra la interrelación para Gavilán y Botarramas.

El efecto de la inclinación del grano sobre el módulo de elasticidad se muestra en la Tabla No. 3. Debido a inconsistencias en los resultados finales no se incluyeron los valores correspondientes a Laurel 1:10.

La Tabla No. 4 resume la variación del módulo de ruptura con base en la resistencia exhibida en condición de grano paralelo.

Las Figuras 4 y 5 muestran la interrelación entre la inclinación del grano y el módulo de ruptura para los valores promedio de la Tabla No. 3 para las maderas de Pílon, Gavilán, Laurel, Botarramas y Jaúl respectivamente.

TABLA No. 2. Módulo de ruptura (kgs/cm²). En condición seca al aire. Promedio de 5 ensayos.

Especie	Inclinación del grano				
	1-∞	1-10	1-8	1-6	1-4
Botarramas	1184.8	1081.7	1007.5	807.2	647.6
Gavilán	1466.1	1344.3	1438.2	1380.7	1069.1
Jaúl	920.7	713.8	833.6	698.1	560.4
Laurel	1577.1	—	1149.6	1017.4	681.6
Pílon	2322.2	2170.1	2163.8	1716.9	1291.3

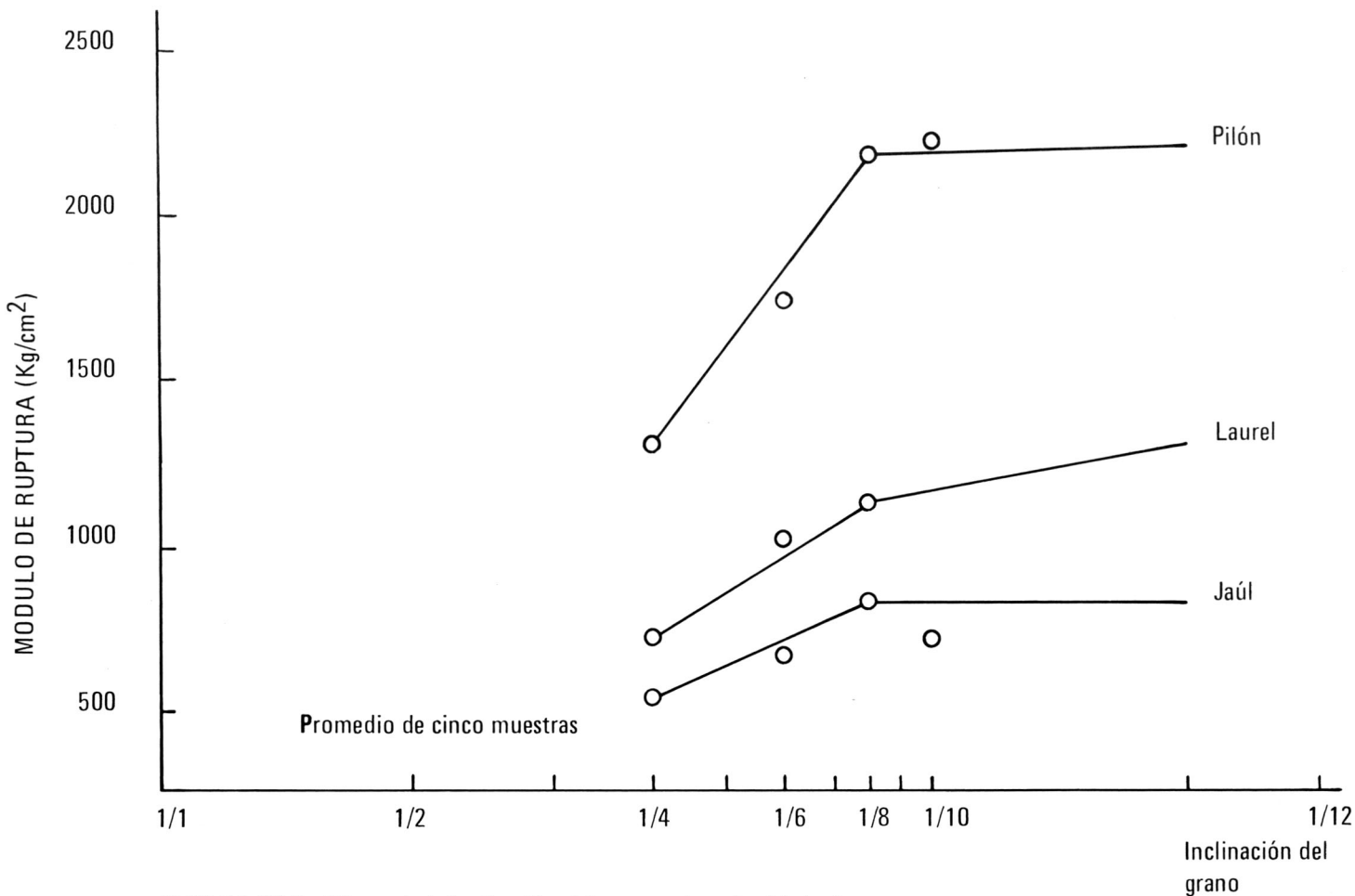


FIGURA N° 2. Efecto de la inclinación del grano sobre el módulo de ruptura.

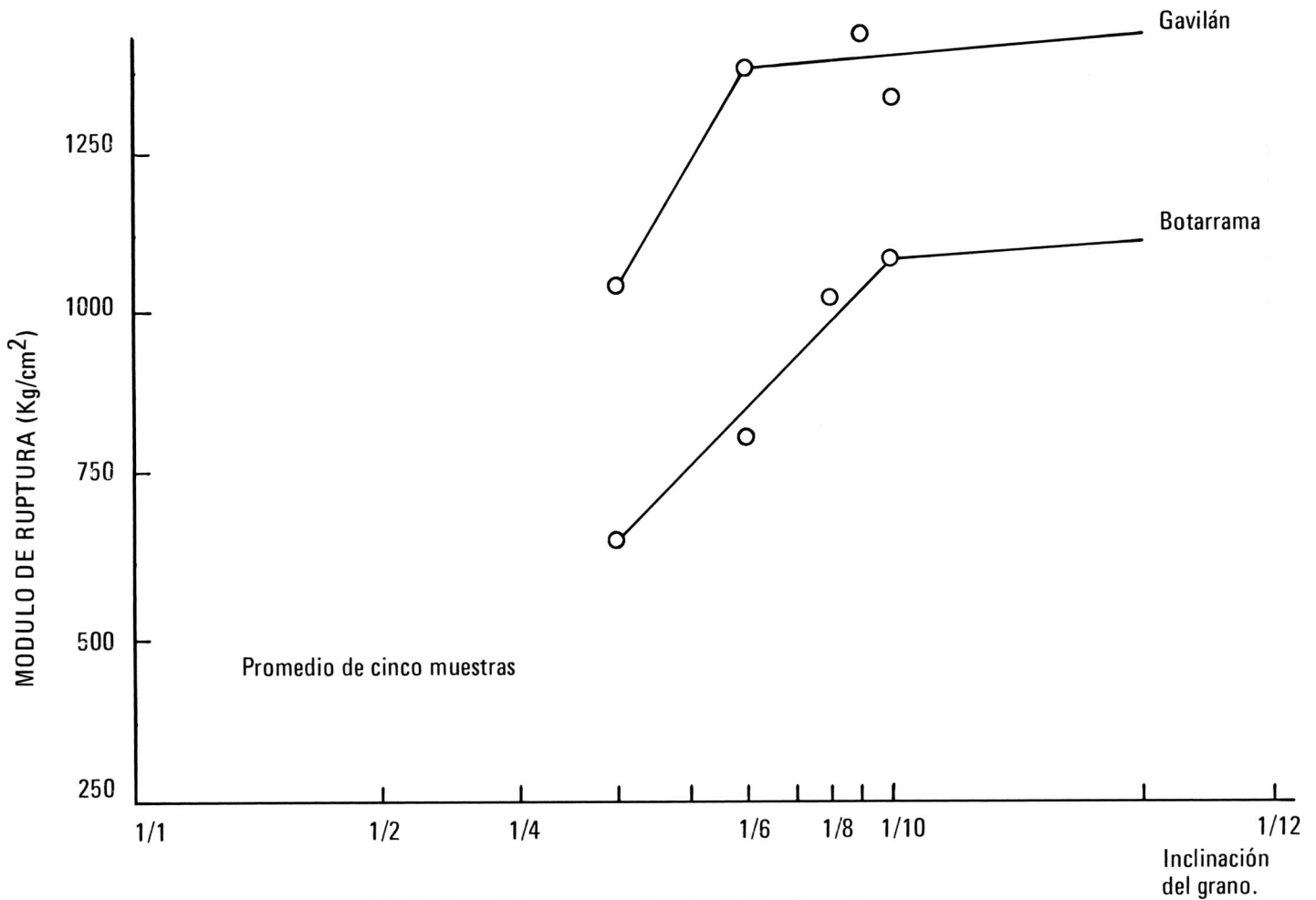


FIGURA No. 3. Efecto de la inclinación del grano sobre el módulo de ruptura.

TABLA No. 3. Variación del módulo de elasticidad (kg/cm²). En condición seca al aire.

Especie	Inclinación del grano				
	1-∞	1-10	1-8	1-6	1-4
Botarramas	105600	90700	84500	96400	94200
Gavilán	84200	95900	87200	94200	90900
Jaúl	58900	54100	53900	51800	54600
Laurel	82000	-	65200	59900	49900
Pilón	152900	152000	166400	109800	99200

TABLA No. 4. Variación de resistencia (%). Con base en la inclinación 1-∞ Promedio de cinco ensayos.

Especie	Inclinación del grano				
	1-∞	1-10	1-8	1-6	1-4
Botarramas	100	91	85	68	54.6
Gavilán	100	91.7	98.1	94.2	72.9
Jaúl	100	77.5	90.5	75.8	60.9
Laurel	100	-	73	64.5	43.2
Pilón	100	93	93	74	56
Promedio	100	88.3	87.9	75.3	57.5

FIGURA N° 4. Efecto de inclinación del grano sobre el módulo de elasticidad.

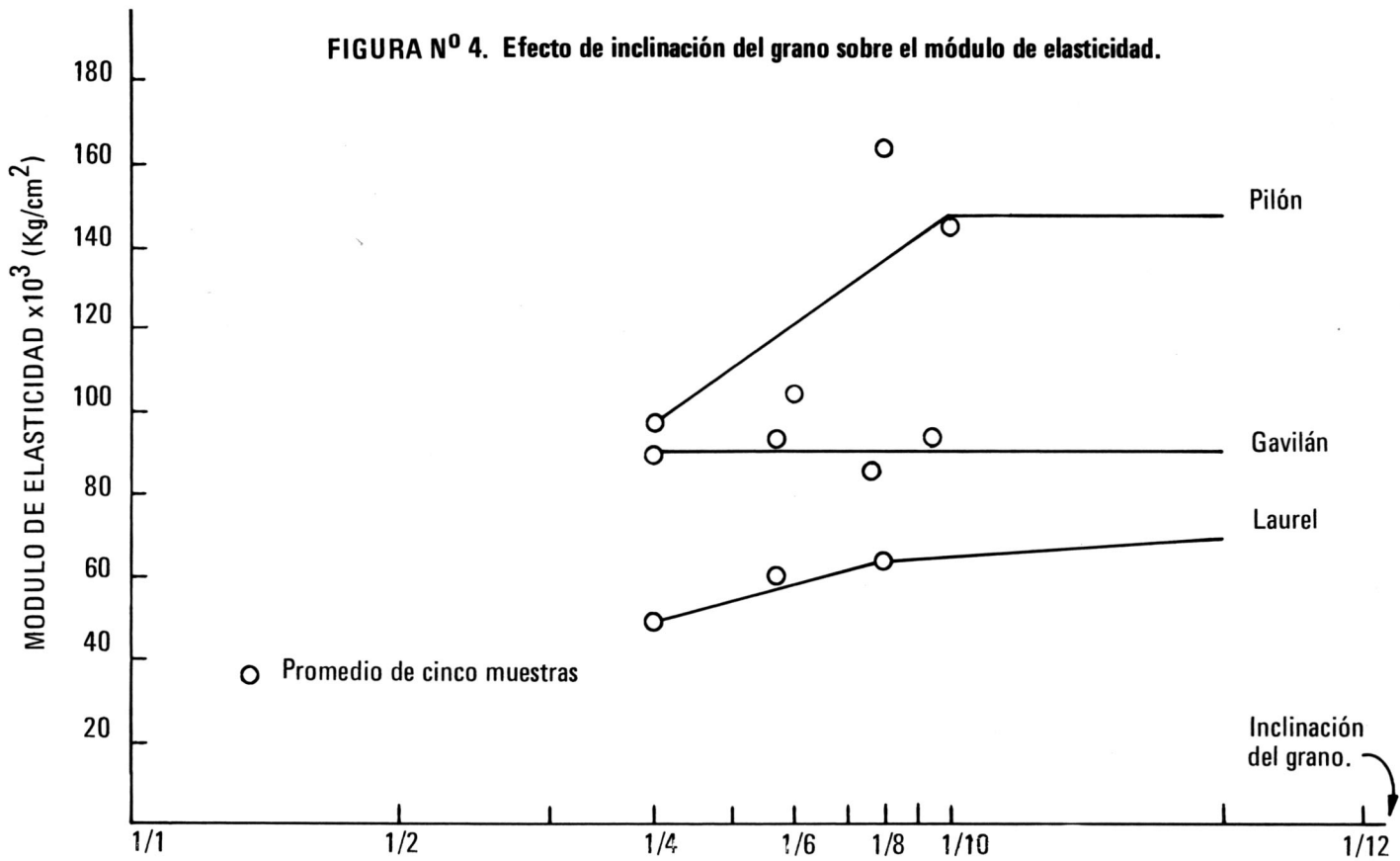


FIGURA N° 5. Efecto de la inclinación del grano sobre el módulo de elasticidad.

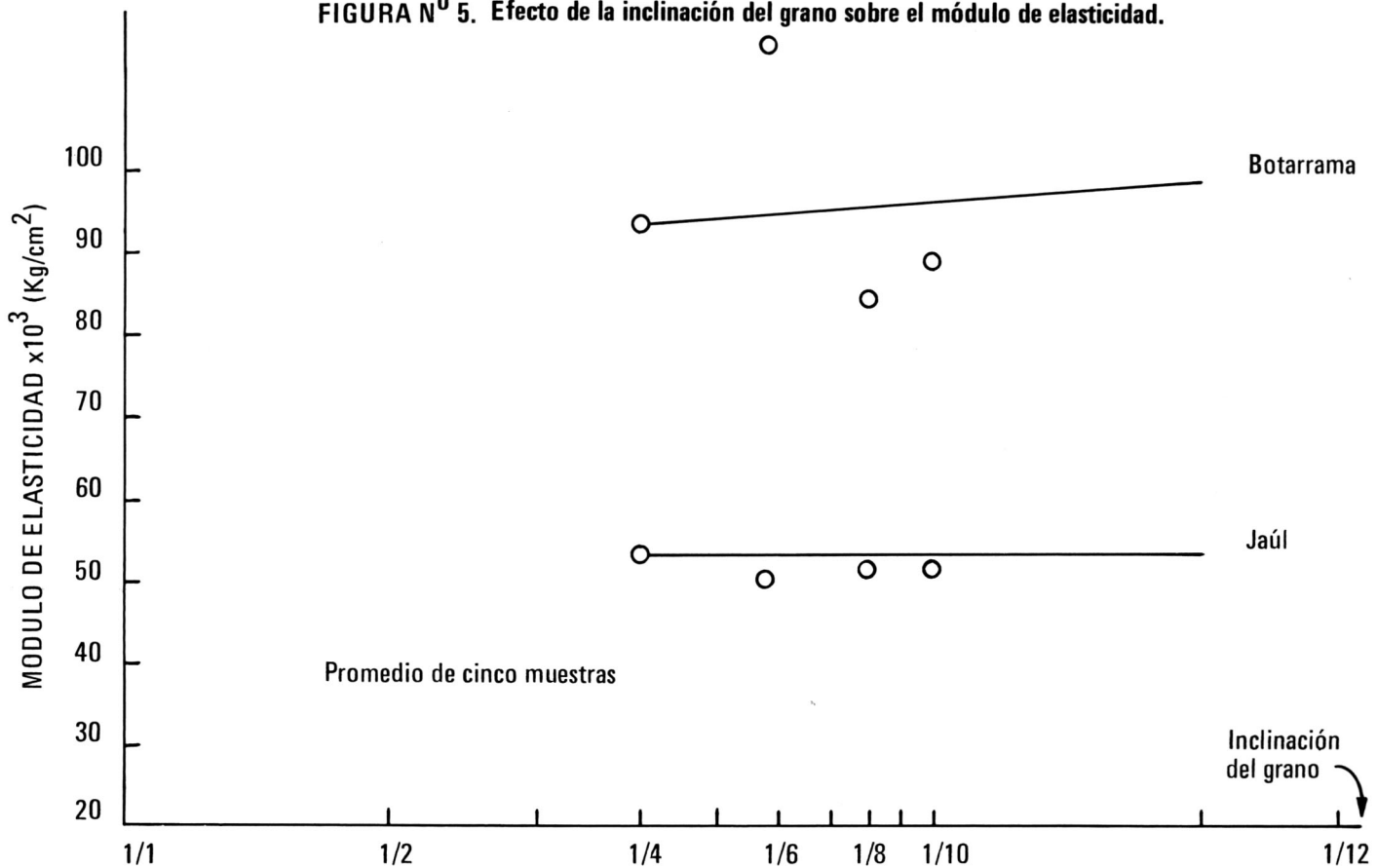


TABLA No. 5. Variación del módulo elástico (°/o). Promedio de 5 ensayos.

Especie	Inclinación del grano				
	1-∞	1-10	1-8	1-6	1-4
Botarramas	100	85.9	80	91.3	89.2
Gavilán	100	113.9	103.6	111.9	108.0
Jaúl	100	91.9	91.5	87.9	92.7
Laurel	100	—	79.5	73.0	60.9
Pilón	100	99.4	108.8	71.8	64.9
Promedio	100	97.7	92.7	87.2	83.1

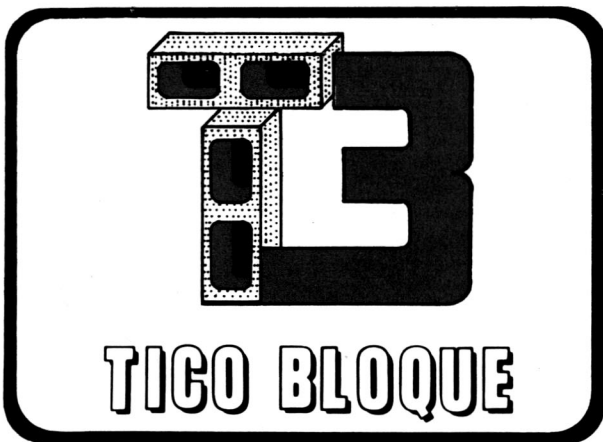
4. Conclusiones

La resistencia de una viga de madera, evaluada a través del módulo de ruptura muestra una severa reducción al aumentar la inclinación del grano respecto al eje longitudinal de la pieza.

La magnitud de la variación depende de la especie, como se muestra en la Tabla No. 4. Especies con el mayor efecto de inclinación del grano fueron: Laurel y Botarramas.

El módulo elástico, no muestra el mismo comportamiento exhibido en el módulo de ruptura. Con excepción del Laurel. La diferencia a nivel de promedio no es significativa. La Tabla No. 5 muestra a nivel de promedio que la variación es importante para inclinaciones menores de 1:6.

Los valores empleados en el desarrollo de los esfuerzos de diseño para madera estructural costarricense fueron tomados de la Tabla No. 1. Estos valores son conservadores como se deduce de los resultados del presente estudio.



TICO BLOQUE

**CONSTRUYA
CON LO MEJOR...**

**técnica
experiencia
y calidad**

TICO BLOQUE SUPERIOR S.A.

Tel. Fábrica 25-96-56 25-85-25