

Análisis de la eficiencia del uso de los diámetros dominantes en la construcción de curvas de índice local con cinco métodos analíticos

Efficiency analysis of the usage of the the dominant diameters in the local index construction curves with five analytical methods

Juan Rodrigo Baselly Villanueva ¹, Gianmarco Goycochea Casas ¹, Helio Garcia Leite ², Ana Carolina de Albuquerque Santos ², Carlos Alberto Araujo Júnior ³, Aline Edwiges Mazon de Alcântara ⁴

¹ Universidad Nacional de Cajamarca, ² Universidade Federal de Vicosa, Brasil, ³ Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, ⁴ En Genheira Forestal, D.Sc.

Recibido: 6 de setiembre de 2017; aprobado: 9 de setiembre de 2017; disponible en línea: 30 de enero de 2018

RESUMEN

La calidad de sitio de plantaciones es estimada mayormente mediante el índice local, utilizado en el manejo forestal para modelos de crecimiento y producción. Los índices son obtenidos mediante modelos matemáticos usando la variable Altura dominante (Hd), pero para la obtención de las mediciones de esta variable se demanda de muchos recursos económicos en inventarios de parcelas permanentes. En el presente estudio, se determinó la eficiencia del uso de cinco Métodos Analíticos en la estimación del índice local usando la variable Altura dominante (Hd) y la variable Dap dominante (Dapd), mediante una comparación en la estación de índice local de las parcelas; siendo ajustados los modelos con el software Statistica. El Método de índices de local es el que ha dado mejor resultado, definido preliminarmente con un 23 % de variación en la clasificación de parcelas en función a la clasificación con la variable Hd. Este método fue ajustado con el modelo de Richards, obteniéndose un coeficiente de correlación entre los datos observados y los estimados 0,982. Puede usarse la variable Dap dominante en la estimación de la calidad de sitio.

Palabras clave: Calidad de sitio, Índice local, diámetro dominante.

ABSTRACT

The site quality of plantations is estimated mainly by the local index used in forest management for growth and production models. The indices are obtained by mathematical models using variable Height dominant (Hd), however to obtain the measurements of this variable, its demands many economic resources at permanent plots inventories. In the present research, it was determined the efficiency of five Analytical Methods usage in the local Index estimation using the dominant Height (Hd) and the dominant Dap variable (Dapd) by a comparison in the local index station of the plots; being adjusted the models with the Software Statistica. The local indices method is the one that has given the best result, preliminarily defined with 23 % variation in the classification of plots as a function of the classification with the variable Hd. This method was adjusted with the Richards model, obtaining a coefficient of correlation between the observed data and the estimated 0,982. The dominant Dap variable can be used in the estimation of site quality.

Keywords: Site quality, Local index, Key diameter at breast height.

* Investigador de la Universidad Nacional de Cajamarca.

INTRODUCCIÓN

La calidad de sitio o capacidad productiva es el resultado de la integración de los factores edafoclimáticos y biológico que afectan el desarrollo de los árboles. Está definida según Campos (2013), como el potencial para la producción de madera u otro producto para determinada especie.

En cuanto el sitio puede considerarse constante sin tener en cuenta la especie, la calidad del sitio está en función a una o más especies que pueden ser consideradas para el manejo (Clutter y otros, 1983). La calidad de sitio puede ser terminada a través del Índice local o de sitio (IS).

Índice local o de sitio (IS), es muy utilizado como variable para el manejo forestal en modelos de crecimiento y producción, como discute Clutter y otros (1983). Es una expresión cuantitativa y directa que se expresa en curvas, considerándose que el índice es igual a la Altura Dominante media en una edad específica, edad índice, (Leite, 2011). Estas curvas son construidas a partir de métodos y modelos, siendo utilizadas para clasificar la capacidad productiva de un rodal Campos (2013). Pudiendo ser estas curvas del tipo anamórfico, polimórfico (Clutter y otros, 1983).

Altura dominante, no es afectada por la densidad de la masa ni las con las entresacas, solo depende de los factores del sitio (Leite, 2011).

Solo recientemente se ha usado el Diámetro dominante a la altura del pecho para la determinación de índice local, dando un buen resultado con el método de la curva guía.

Se busca determinar la eficiencia de cinco métodos en la construcción de curvas de índice local usando el Diámetro dominante a la altura del pecho como variable; y cuál de estos métodos tiene mejor comportamiento en la clasificación de sitios en función a la metodología común, con la variable Altura Dominante. El uso de este Diámetro Dominante, bajaría los costos de inventario como menciona Campos (2013).

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción de los datos

- Poblamiento de eucaliptos clones, en un espaciamiento de 3,0 x 3,0 m; localizados en la región Centro Oeste del Estado de Minas Gerais – Brasil.
- Sistema de parcelas permanentes (1220).
- 5 árboles dominantes por parcela.
- 1999 datos de Hd y Dapd.
- Edades de medición entre 20 y 104 meses.

Métodos y modelos

Para la elaboración de las curvas se asumió una edad índice de 72 meses.

Métodos para determinar la calidad de sitio

Método de la curva guía (Campos, 2013), Ecuación de diferencias (Clutter y otros, 1983), Índices de local definidos preliminarmente (Leite, 2011), de Hammer y Predicción de parámetros.

$$\ln Y_1 = b_0 + b_1(I^{-1}) + e \quad (1)$$

$$\ln Y_2 = \ln Y_1 + b_1(I_2^{-1} - I_1^{-1}) + e \quad (2)$$

$$Y_1 = b_0.S(1 + e^{b_1-b_2.I})^{-\beta_3^{-1}} + e \quad (3)$$

$$Y_1 = (\alpha_0 + \alpha_1 S)(1 - e^{-\beta_5 S^{-1}})^{\alpha_1} + e \quad (4)$$

$$Y_1 = (\alpha_0 + \alpha_1 S)[1 - e^{-(\alpha_2 + \alpha_3 S + \alpha_4 S^2)}]^{(1 - (\alpha_5 + \alpha_6 S + \alpha_7 S^2))^{-1}} + e \quad (5)$$

Donde:

- Y_1 = Altura o diámetro dominante actual
- Y_2 = Altura o diámetro dominante posterior
- I_1 = Edad actual
- I_2 = Edad posterior
- S = Índice local preliminar
- β y α = Parámetros de los modelos
- ε = Erro aleatório, $e \sim N(0, \sigma^2)$.

Ajuste y validación

- Software Statistica 13.
- En los métodos de la Curva guía y de Hammer

se usó todas las mediciones realizadas en las parcelas.

- Se usó las parcelas que tenían de tres a más mediciones.
- En el caso del método de Índices de local definidos preliminarmente (realizó mediante regresión).

La validación de los ajustes se determinó con el coeficiente de correlación (R_{xy}), Error padrón residual (S_{yx}), coeficiente de variación (CV), Bias, Bias%, raíz cuadrada del error medio (RQEM) y media de las diferencias absolutas (MDA); y también el análisis gráfico de distribución de residuos.

$$\ln Y_1 = b_0 + b_1(I^{-1}) + e$$

Tabla 1

Resultados de los Métodos estadísticos de validación de los modelos de regresión para Altura dominante (Hd) y Diámetro dominante a la altura del pecho (Dap_d).

Método estadístico	Método									
	Curva guía		Ecuación de diferencias		Índices de local definidos preliminarmente		Hammer		Predicción de parámetros	
	Hd	Dap _d	Hd	Dap _d	Hd	Dap _d	Hd	Dap _d	Hd	Dap _d
R_{xy}	0,927	0,891	0,960	0,959	0,985	0,982	0,937	0,893	0,976	0,977
S _{yx}	2,284	2,084	0,705	0,946	1,023	0,494	2,090	2,056	0,902	0,529
CV	11,099	10,363	2,775	4,058	4,383	2,263	10,159	10,225	3,919	2,481
Bias	0,169	0,119	0,323	0,178	0,026	0,012	-0,004	0,000	-0,017	0,031
Bias%	0,722	0,594	-1,097	-0,702	-0,016	0,073	1,208	1,138	-0,750	-0,412
REQM	11,094	10,358	5,361	4,050	4,377	3,763	10,154	10,220	7,044	4,780
MDA	1,841	1,699	1,057	0,740	0,770	0,634	1,663	1,672	1,271	0,797

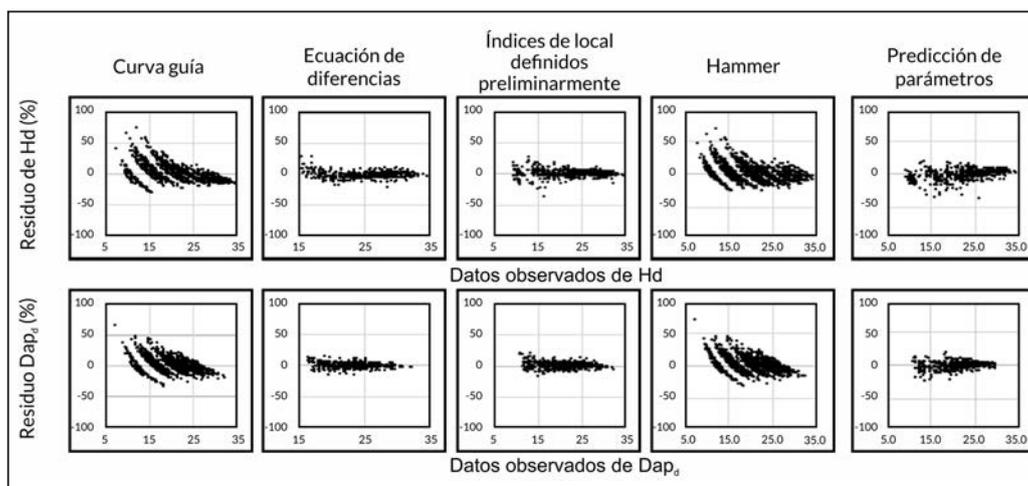


Figura 1. Distribución de residuos del ajuste de modelos para la variable Altura dominante (Hd) y Diámetro dominante a la altura del pecho (Dap_d).

$$(1)$$

$$\ln Y_2 = \ln Y_1 + b_1(I_2^{-1} - I_1^{-1}) + e$$

$$(2)$$

$$Y_1 = b_0.S(1 + e^{b_1-b_2.I})^{-\beta_3^{-1}} + e \tag{3}$$

$$Y_1 = (\alpha_0 + \alpha_1 S)(1 - e^{-b_1.I}) + e \tag{4}$$

$$Y_1 = (\alpha_0 + \alpha_1 S)[1 - e^{-(\alpha_2 + \alpha_3 S + \alpha_4 S^2)}]^{(1 - (\alpha_5 + \alpha_6 S + \alpha_7 S^2))^{-1}} + e \tag{5}$$

Métodos

Método de la curva guía (Campos, 2013), Ecuación de diferencias (Clutter y otros, 1983), Índices de local definidos preliminarmente (Leite, 2011), de Hammer y Predicción de parámetros.

Tabla 2
Parámetros de los métodos para la construcción de las curvas usando la Altura dominante (Hd) y Diámetro dominante a la altura del pecho (Dapd).

Método	Altura dominante	Diámetro dominante Dap _d
1	$\ln Hd = 3,4991 - 21,5982)(l^{-1})$	$\ln Dap_d = 3,6630 - 28,0781)(l^{-1})$
2	$\ln Hd_2 = \ln Hd_1 - 27,119)(l_2^{-1} - l_1^{-1})$	$\ln Dap_{d2} = \ln Dap_{d1} - 20,633)(l_2^{-1} - l_1^{-1})$
3	$Hd = 1,165.S(1 + e^{-2,730 - 0,039.l})^{-0,025^1}$	$Dap_d = 1,134.S(1 + e^{-(3,441 - 0,037.l)})^{-0,017^1}$
4	$Hd = (0 + 1,532.S)(1 - e^{-0,014.l})$	$Dap_d = (0 + 1,184.S)(1 - e^{-0,025.l})$
5	$Dapd = (-3,112 + 1,224.S)[1 - e^{-(42,153 - 2,873.S + 0,054.S^2)}]^{(1 - (0,146 - 0,005.S + 0,001.S^2))^{-1}}$	
5	$Hd = (-9,904 + 1,492.S)[1 - e^{-(27,544 + 2,469.S - 0,043.S^2)}]^{(1 - (0,237 + 0,022.S - 0,001.S^2))^{-1}}$	

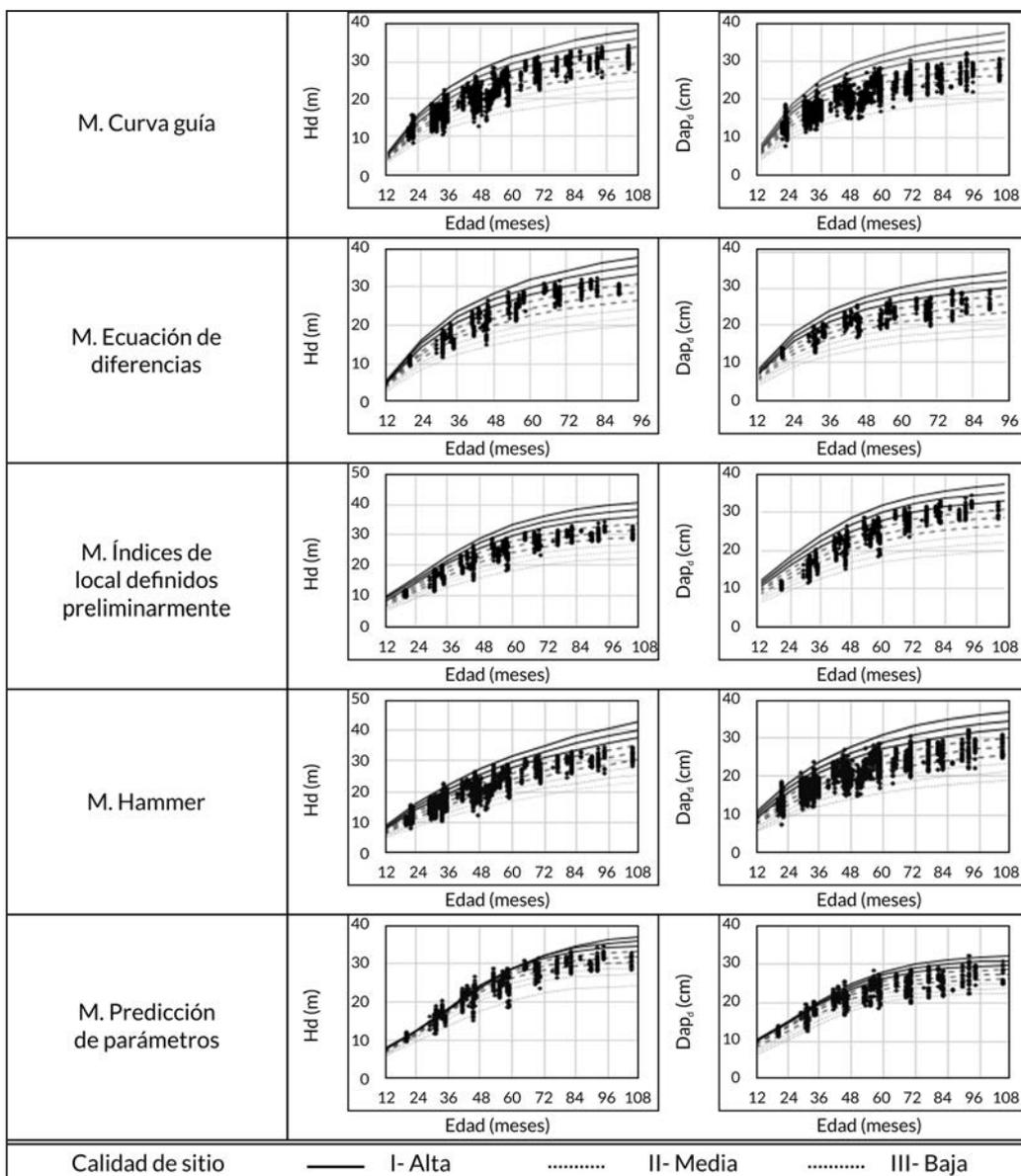


Figura 2. Curvas de índices de local estimadas usando los diferentes métodos de construcción, con la variable Altura dominante (Hd) y Diámetro dominante a la altura del pecho (Dapd).

RESULTADOS

Los cinco métodos empleados tanto para las dos variables dieron ajustes válidos.

Coefficiente de correlación más bajo de 0,891.

Métodos

Utilizando el Método de la curva guía (Campos,

2013), Ecuación de diferencias (Clutter y otros, 1983), Índices de local definidos preliminarmente (Leite, 2011), de Hammer y Predicción de parámetros.

Con los parámetros se generó el conjunto de curvas para cada método, clasificándolas en tres clases: I- Alta, II- Media y III- Baja.

Cada parcela fue clasificada según el índice de

Tabla 3
Clasificación de parcelas según el método y las variables Altura dominante (Hd) y Diámetro dominante a la altura del pecho (Dapd).

Clase	Método									
	Curva guía		Ecuación de diferencias		Índices de local definidos preliminarmente		Hammer		Predicción de parámetros	
	Hd	Dap _d	Hd	Dap _d	Hd	Dap _d	Hd	Dap _d	Hd	Dap _d
I	220	219	43	31	28	31	197	151	111	67
II	834	890	132	147	125	121	869	883	44	80
III	166	111	12	9	34	35	154	186	32	40
Total	1220	1220	187	187	187	187	1220	1220	187	187

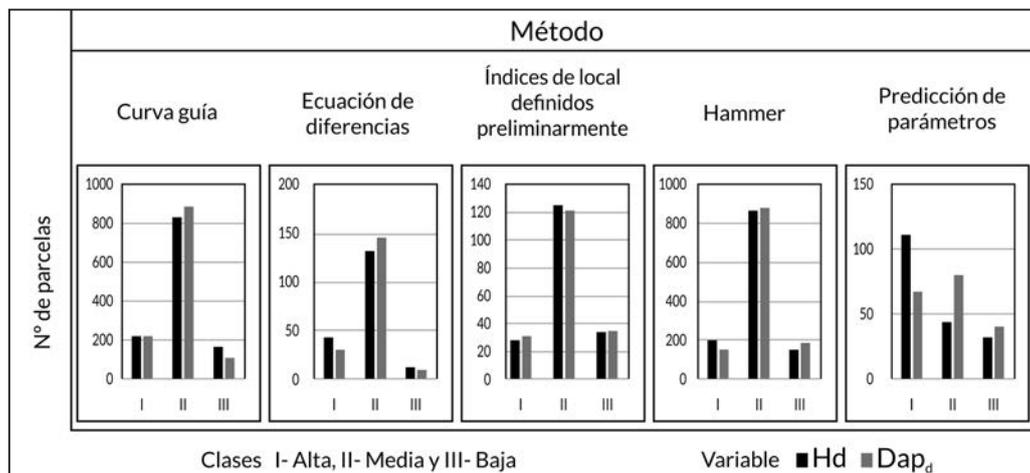


Figura 3. Comparación del número de parcelas por clase según el método y la variable Altura dominante (Hd) y Diámetro dominante a la altura del pecho (Dapd).

Tabla 4
Variación en la clasificación de las parcelas según el uso de la variable Altura dominante (Hd) y Diámetro dominante a la altura del pecho (Dapd)

Variación de clase	Método									
	Curva guía		Ecuación de diferencias		Índices de local definidos preliminarmente		Hammer		Predicción de parámetros	
	N° Parcelas	%	N° Parcelas	%	N° Parcelas	%	N° Parcelas	%	N° Parcelas	%
Si	763	62,5	122	65,2	144	77	126	67,4	57	30,5
No	457	37,5	65	35,8	43	23	61	32,6	130	69,5
Total	1220	100,0	187	100,0	187	100	187	100,0	187	100,0

Tabla 5. Variación entre clases en la clasificación de las parcelas según el uso de la variable Altura dominante (Hd) y Diámetro dominante a la altura del pecho (Dapd).

MÉTODO		DAP	I II III	HD			TOTAL
				I	II	III	
MÉTODO	Curva guía	DAP	I	68	146	5	219
			II	146	639	105	890
			III	6	49	56	111
			TOTAL	220	834	166	1220
	Ecuación de diferencias	DAP	I	9	22	0	31
		II	34	107	6	147	
		III	0	3	6	9	
	TOTAL		43	132	12	187	
MÉTODO	Índices de local definidos preliminarmente	DAP	I	21	7	3	31
			II	5	104	12	121
			III	2	14	19	35
			TOTAL	28	125	34	187
MÉTODO	Hammer	DAP	I	43	105	3	151
			II	145	667	71	883
			III	9	97	80	186
			TOTAL	197	869	154	1220
MÉTODO	Predicción de parámetros	DAP	I	35	22	10	67
			II	52	14	14	80
			III	24	8	8	40
			TOTAL	111	44	32	187
CLASES				I- Alta.	II- Media y	III- Baja	

sitio generado con las dos variables.

- clasificación de las parcelas)

Variación en la clasificación de las parcelas según las dos variables, se determinó el número y porcentaje de parcelas que no cambiaron su clasificación.

El método de Índices de local definidos preliminarmente, dio menor variación en la clasificación de las parcelas con 23 % de variación; seguido del método de Hammer, Ecuación de diferencias, Curva guía y Predicción de parámetros, respectivamente.

La variación de la clasificación en las parcelas según las clases de índice local, usando las dos variables Hd y Dapd.

Siendo el Método de Índices de local definidos preliminarmente el que obtuvo menos variación.

- Actualmente se usa el Método de la curva guía usando (Hd).
- Diámetro dominante a la altura del pecho (Dapd) con el Método de Índices de local definidos preliminarmente; (buena correlación

DISCUSIÓN

No todos los métodos para determinación la calidad de sitio se pueden usar el diámetro dominante.

El Método de la curva guía Con la variable (Dapd) la variación en la clasificación de las parcelas es relativamente alta pero aceptable. Siendo un valor relativamente cercano al determinado por Leite et al (2011).

El Método de índices de local da mejores resultados, ya que se utiliza un pre índice local.

Usando el método de índices de local definidos preliminarmente, bajarían los costos de inventarios forestales en plantaciones.

CONCLUSIONES

Todos los métodos no pueden ser usados en la

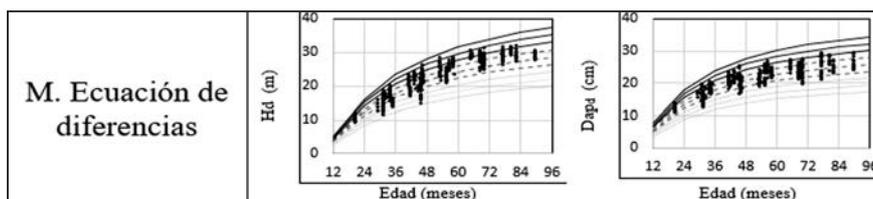


Figura 4. Ecuación de diferencias

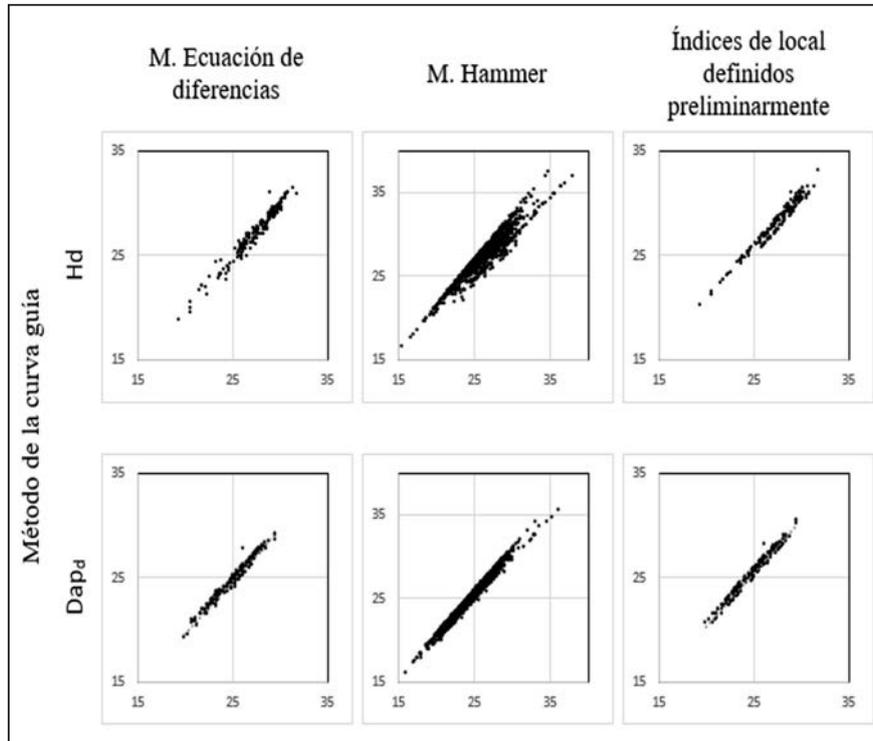


Figura 5. Curva guía.

determinación de índices local usando (Dapd).

El método que dio mejores resultados es el de índices de local definidos preliminarmente usando (Dapd).

Agradecimiento

A la Universidad Continental por su aprobación en la presentación del presente trabajo como ponencia en el marco del Curso-Taller Dendrocronología y sus aplicaciones Hidroclimáticas y Ecológicas, financiado por el FONDECYT, Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campos , J., & Leite , H. (2013). Mensuração Florestal: perguntas e respostas. 4 ed. Viçosa. Editora UFV.

Clutter , J., Fortson , J., & Pienaar , L. (s.f.). Timber management: a quantitative approach. New York.

Leite, H., Castro, R., Silva, A., & Júnior , C. (2011). Classificação da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto utilizando diâmetro dominante (19(2) ed.). Silva Lusitana.