



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

Propagación de errores en el inventario de biomasa en bosques naturales: efecto de las distintas fuentes de incertidumbre

César Pérez Cruzado



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Juan Gabriel Álvarez-González, Paul Magdon, Damayanti Sarodja, Lutz Fehrmann, Christoph Kleinn



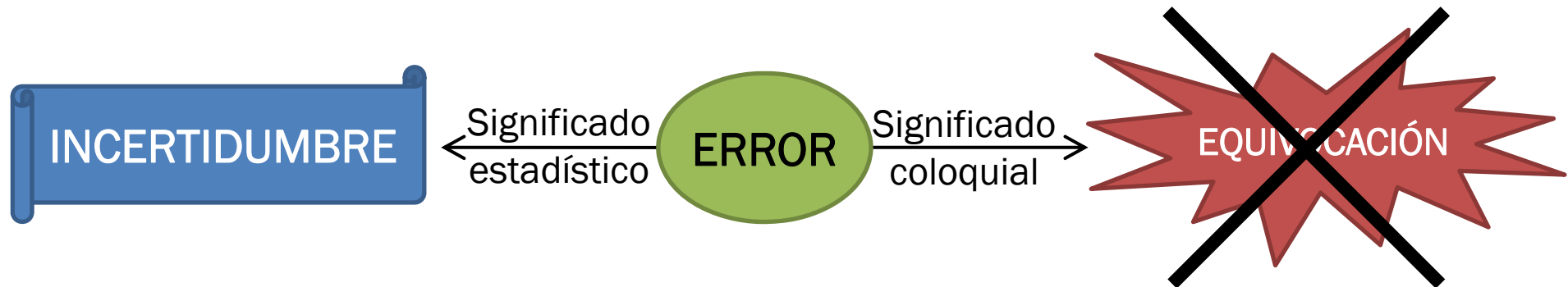
Chair of Forest Inventory and Remote Sensing, Georg-August-Universität Göttingen (Alemania)
Departamento de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Santiago de Compostela (España),

26 Junio 2017, Plasencia



PROPAGACIÓN DE ERRORES EN INVENTARIO FORESTAL

Consideraciones previas



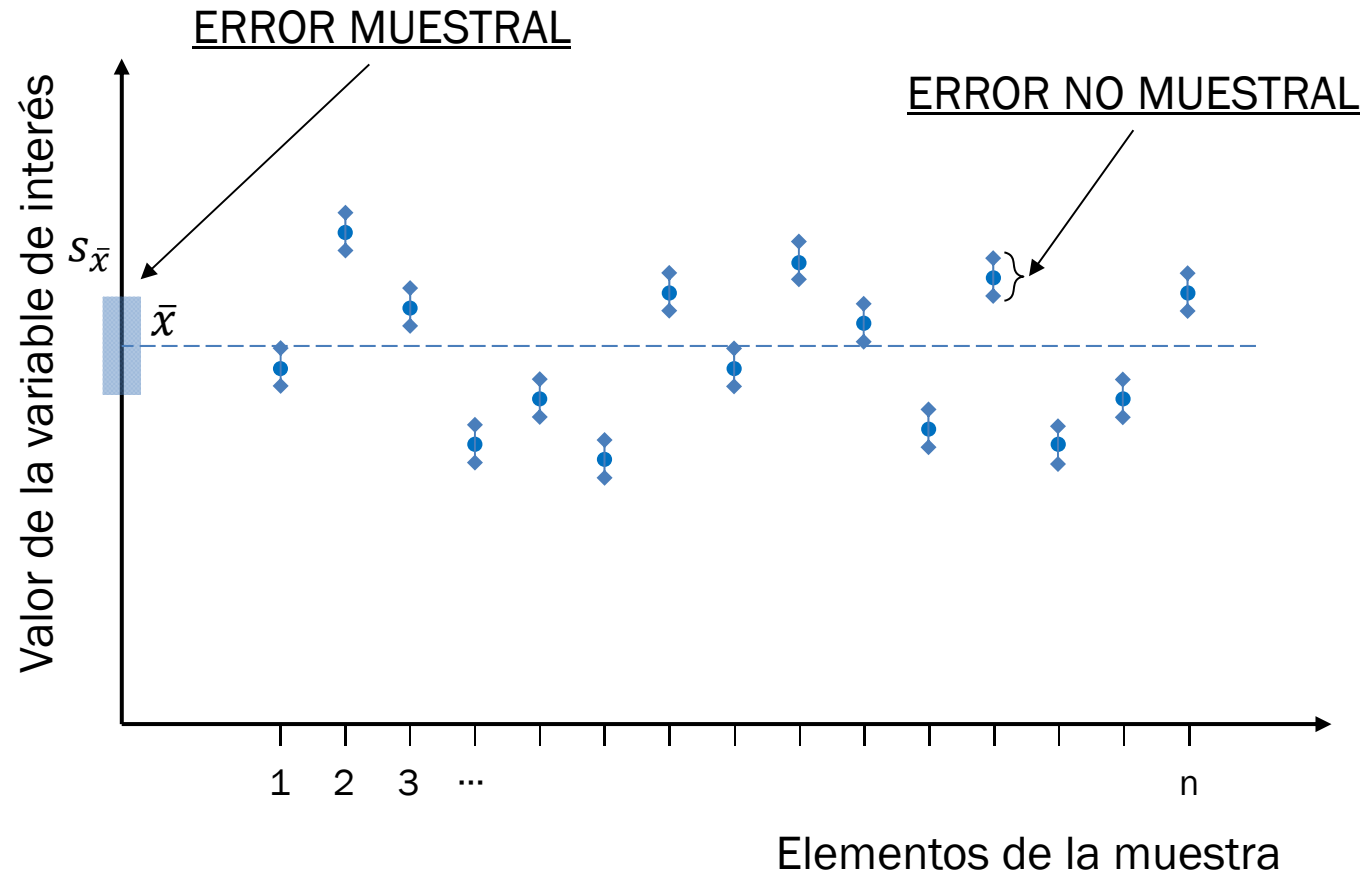
- El uso estadístico de la palabra “error” no distingue entre distintos tipos de incertidumbre.
- En el ámbito del Inventario Forestal, es habitual la consideración únicamente de los errores de muestreo

PROPAGACIÓN DE ERRORES EN INVENTARIO FORESTAL

Tipos de errores



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

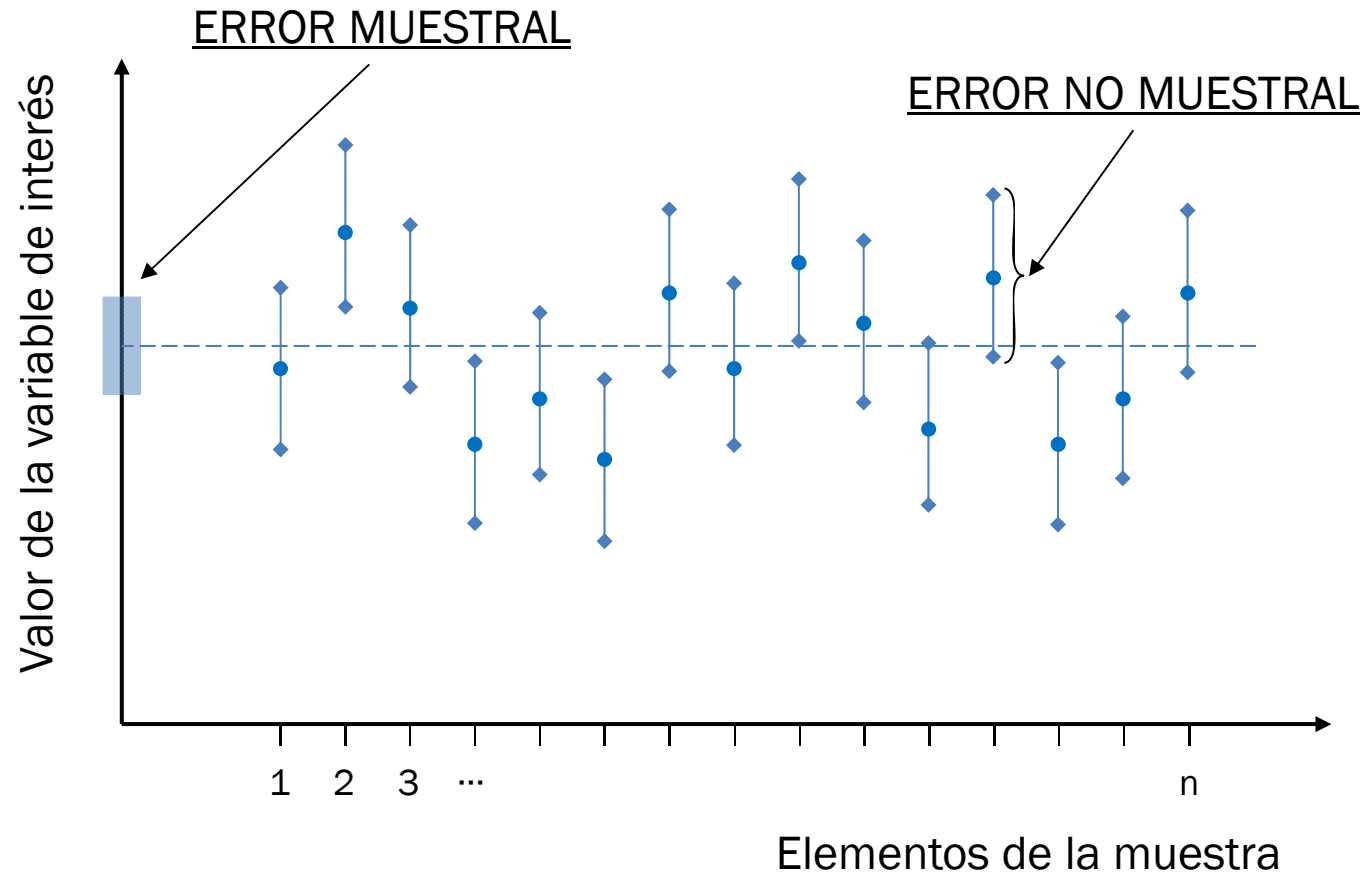


PROPAGACIÓN DE ERRORES EN INVENTARIO FORESTAL

Tipos de errores



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL



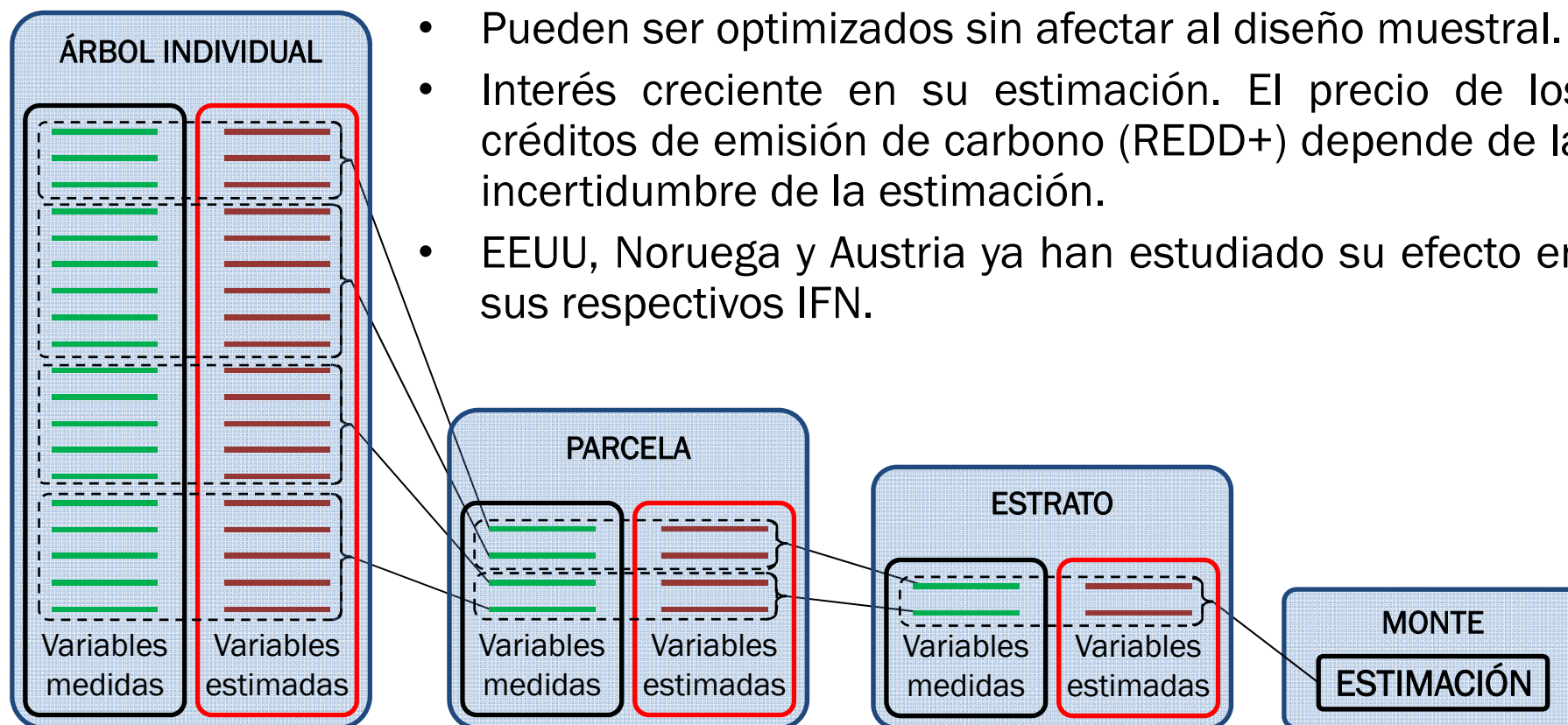
PROPAGACIÓN DE ERRORES EN INVENTARIO FORESTAL



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Errores no muestrales

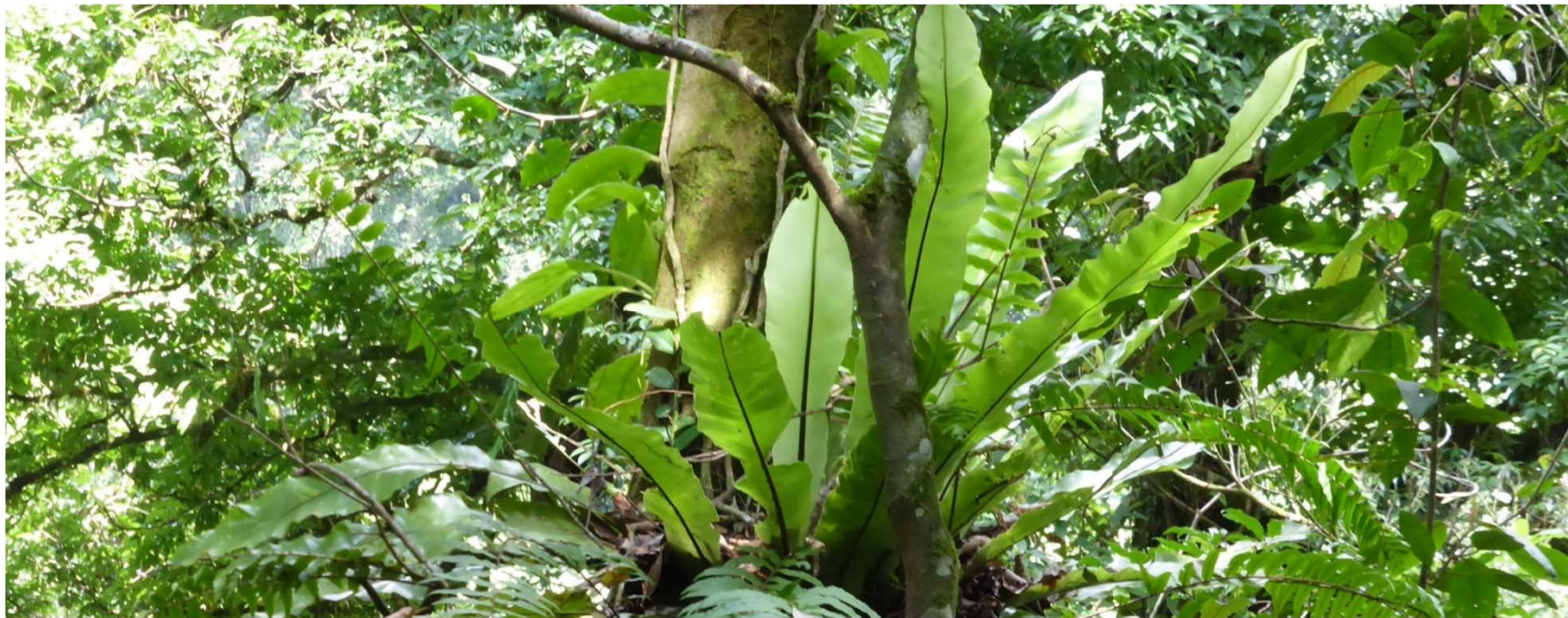
- Aportan variabilidad residual al error de muestreo y reducen la eficiencia de la estimación.
- Son característicos del proceso de estimación de la variable de interés (combinación del método de estimación y el error asociado a la medición y estimación de las variables intermedias).
- Informan sobre la calidad del muestreo.
- Pueden ser optimizados sin afectar al diseño muestral.
- Interés creciente en su estimación. El precio de los créditos de emisión de carbono (REDD+) depende de la incertidumbre de la estimación.
- EEUU, Noruega y Austria ya han estudiado su efecto en sus respectivos IFN.



OBJETIVO

- Caracterizar la importancia de distintas fuentes de error no-muestrales en la estimación de biomasa en Inventarios Forestales sobre masas naturales.

Caso de estudio: Bosques tropicales inundables sobre turba en Borneo (Indonesia)



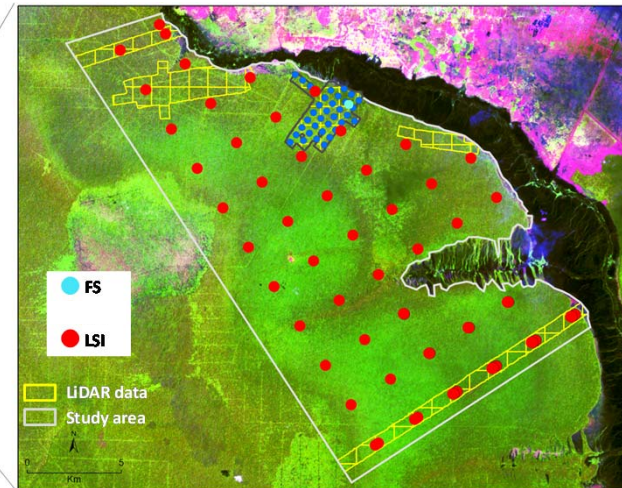
Sitio de estudio y datos

LSI

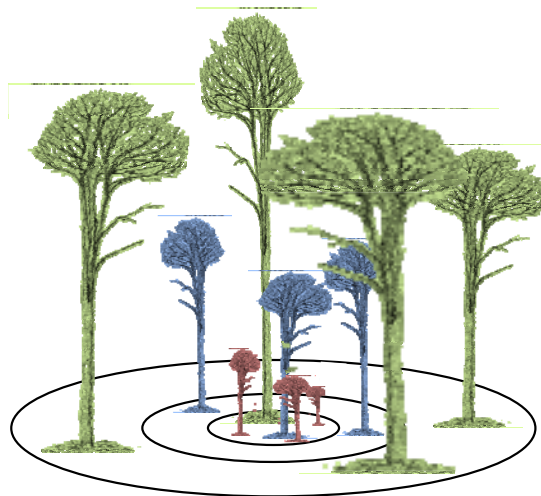
311.1 km², 46 parcelas
Malla de 2.5 x 2.5 km

FS

1.44 ha - 1 parcela



LSI



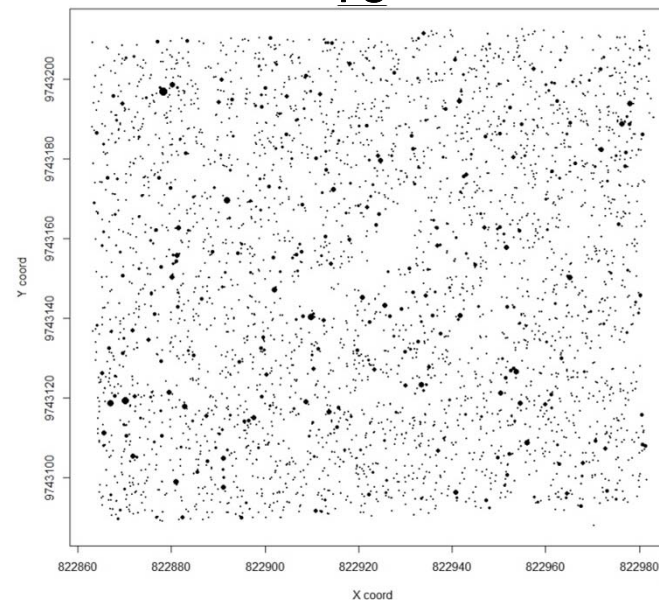
- DBH
 - Altura*
 - Posición
 - Nombre local
- Medido una vez**

$r = 4 \text{ m}$
 $17 \text{ cm} > \text{DBH} \geq 5 \text{ cm}$

$r = 8 \text{ m}$
 $30 \text{ cm} > \text{DBH} \geq 17 \text{ cm}$

$r = 16 \text{ m}$
 $\text{DBH} \geq 30 \text{ cm}$

FS



- DBH
- Altura
- Posición
- Nombre local
- Nombre cient.

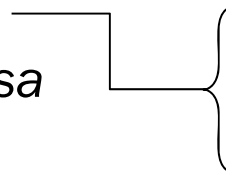
Medido en varias ocasiones
($n=1178$)

Fuentes de error consideradas

ERRORES DE MEDICIÓN

- *d* *Diámetro normal* (cinta diamétrica, mm).
- *h* *Altura total* (Vertex III, dm).
- *p* *Posición del árbol* (Vertex III, cm).
- *db* *Densidad básica*. (basada en identificación botánica cruzada – equipos de medición y botánico experimentado)

ERRORES DEBIDOS AL USO DE MODELOS*

- *Modelos estimación altura*
 - *Modelos estimación biomasa*
- 
 - *H medida en todos los pies*
 - *H=f(DBH) general*
 - *H=f(DBH) local*

*Para cada modelo se consideran las siguientes fuentes de error:

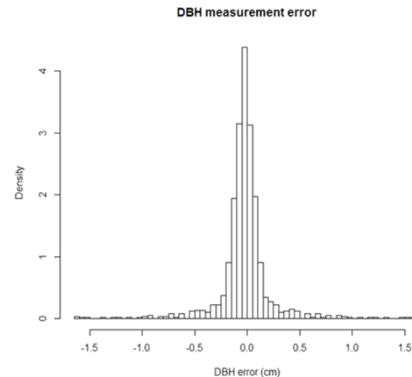
- Error en la estimación de los parámetros del modelo
- Error residual
- Error de medición de las variables independientes (considerado en el apartado anterior)

$$H = 1.3 + \left(\frac{1}{a + b \cdot \frac{1}{DBH}} \right)^2$$

Evaluación de la propagación de los errores

PASOS

1. Modelización de la estructura de errores para cada factor.



$$\sim N(d_{ij}, sd)$$

2. Simulación de n (10.000) realizaciones aleatorias de los valores característicos del factor para cada unidad muestreada mediante Monte Carlo.

$$\hat{d}_{ijk} \sim N(d_{ij}, sd)_k \quad \hat{w}_{ijk} = f(d_{ijk}, h_{ij}, db_{ij}) \quad \hat{W}_{jk} = f(\hat{w}_{ijk}, p_{ij})$$

3. Computo del error total debido al factor estudiado.

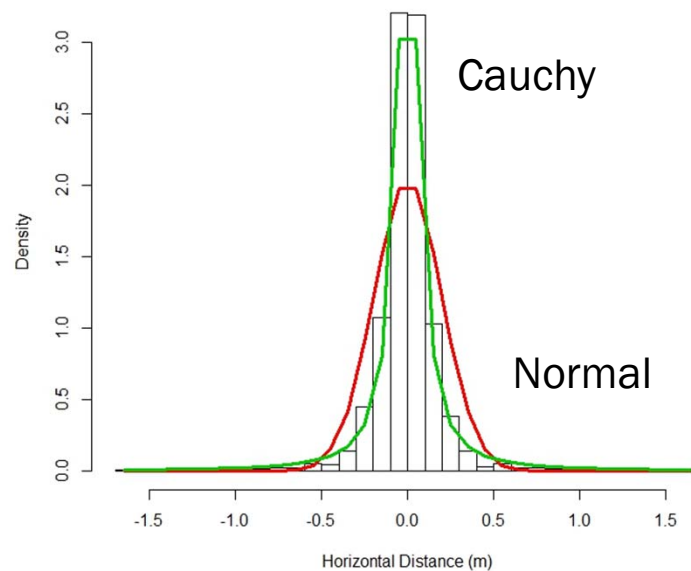
$$S_{PARCELA}^2 = \frac{1}{JK} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (\hat{W}_{jk} - \hat{W}_j)^2$$

Modelización de la estructura del error

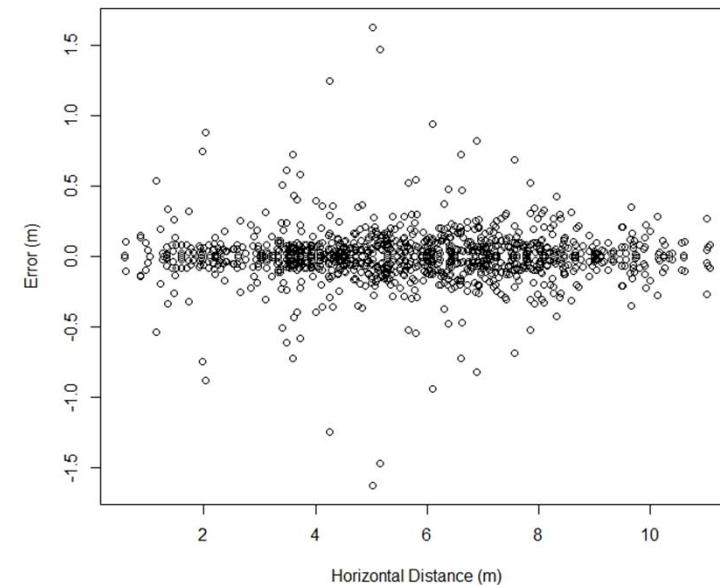
- Errores aditivos
- Homoscedásticos (d, p), Heteroscedástico (h)
- Distribución distinta a la normal (Cauchy, KS Test).

Parámetro	Desv. Est.	ϵ_{\max}	Unidades
d	0.602	10.35	cm
h	1.161	6.15	m
p	0.233	3.10	m
ID. Bot	43 % de concordancia		

Horizontal Distance measurement error



Horizontal Distance measurement error



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

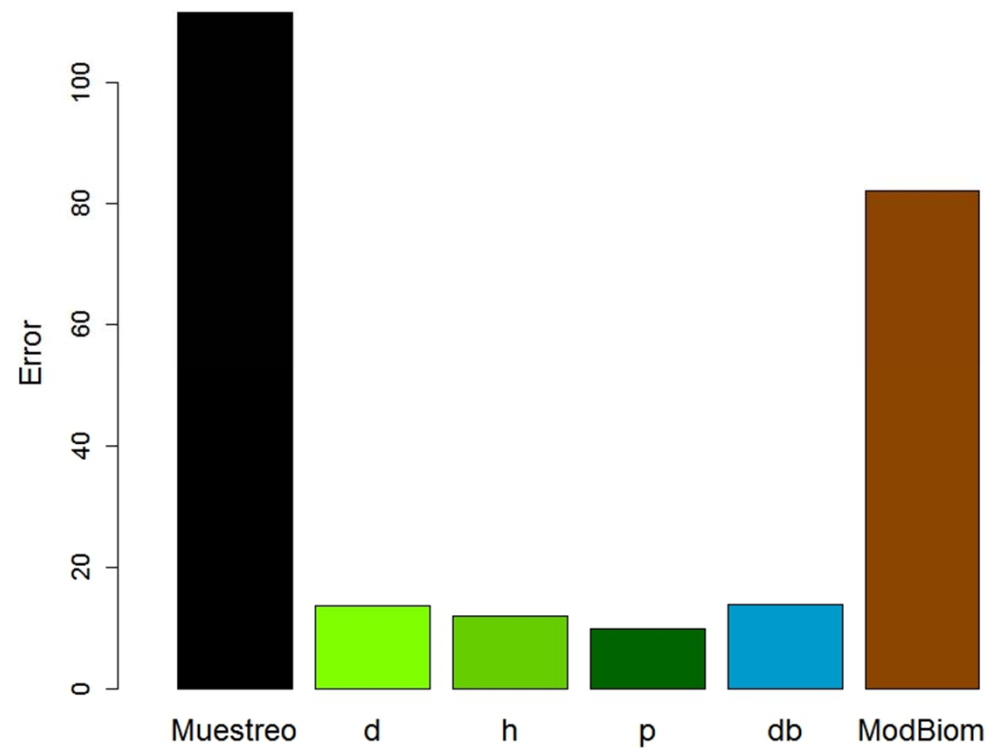


7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Caso A: Todos los árboles son medidos en h

- El modelo de biomasa es la mayor fuente de incertidumbre.
- Contribución muy similar del resto de factores.
- Los errores de medición en h tienen menor importancia que en d .

Factor	% errores no muestrales
d	10.6
h	10.4
p	9.2
db	7.5
Modelo Biomasa	62.3

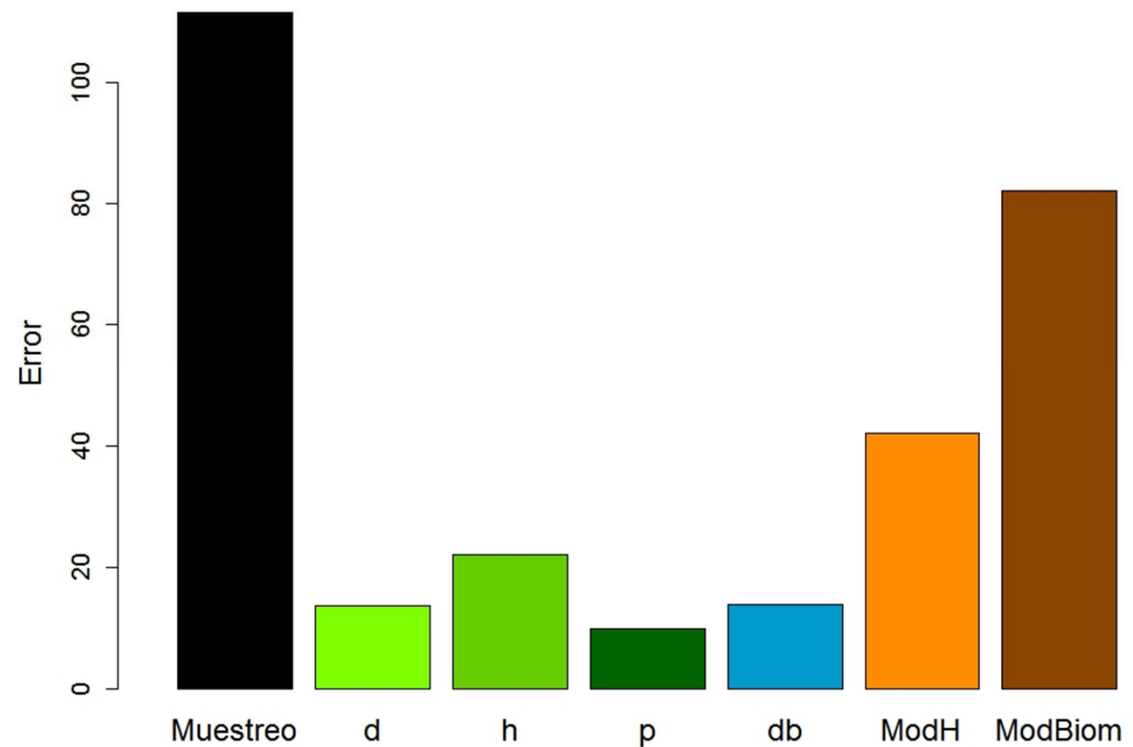




Caso B: modelo $h=f(d)$ generalizado

- El modelo de biomasa es la mayor fuente de incertidumbre, seguido del modelo de estimación de la altura.
- El error en medición de la altura aumenta su contribución sobre el total.

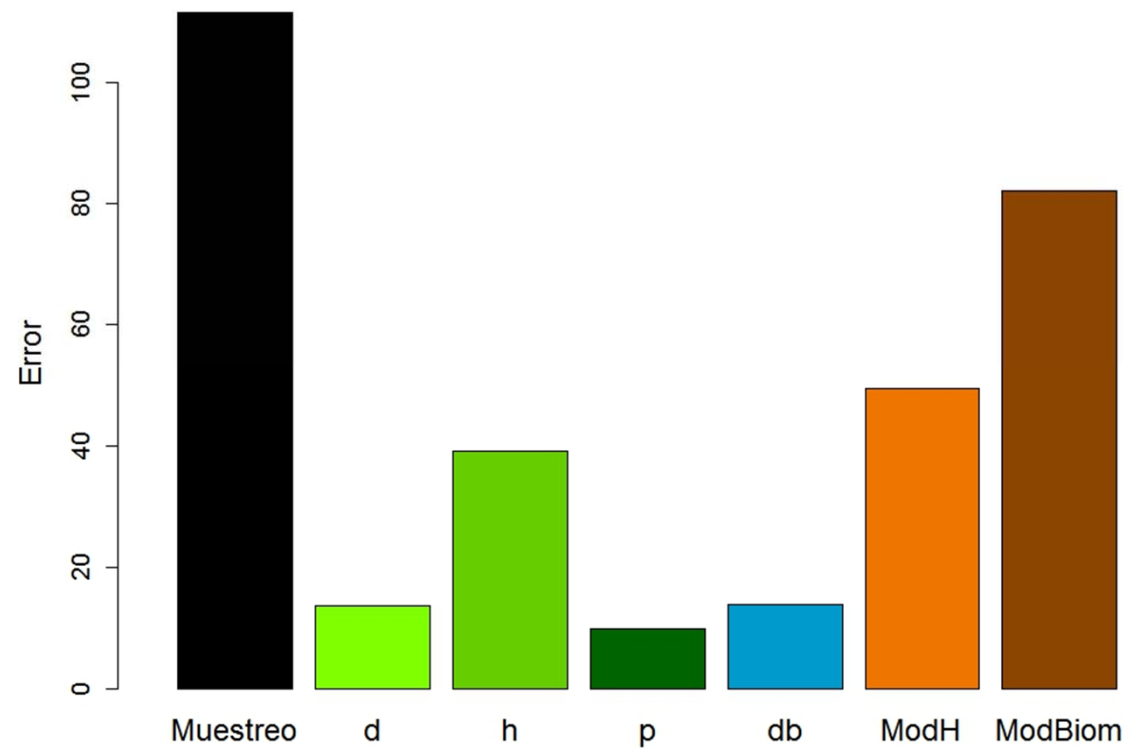
Factor	% errores no muestrales
d	7.4
h	12.0
p	5.4
db	7.6
Modelo h	22.9
Modelo Biomasa	44.7



Caso C: modelo $h=f(d)$ local

- La estimación/medición de h se convierte en el principal fuente de incertidumbre (42.6% del total).

Factor	% errores no muestrales
d	6.6
h	18.8
p	4.7
db	6.7
Modelo h	23.8
Modelo Biomasa	39.4

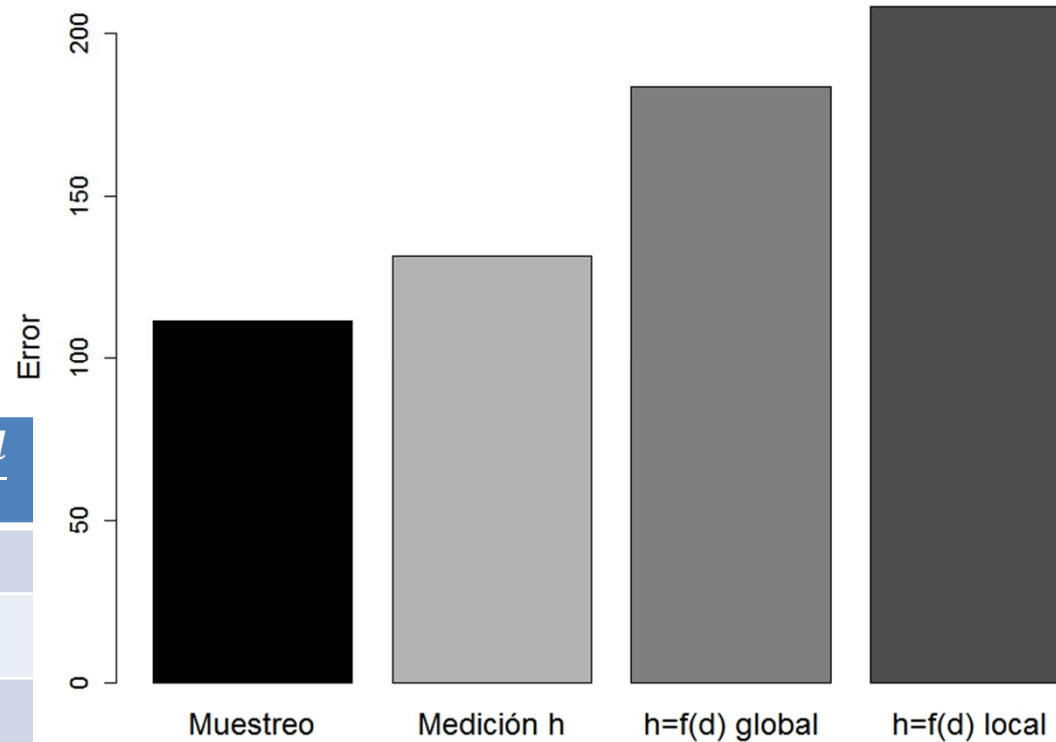




Relación entre errores muestrales y no muestrales

- Los errores no muestrales son superiores a los muestrales en todos los casos

Factor	$\frac{\text{Error no muestral}}{\text{Error muestral}}$
Medición h	1.2
Modelo h global	1.6
Modelo h local	1.9



CONCLUSIONES



- Los errores debidos a los modelos de estimación son los que mas contribuyen al total de errores no muestrales
- La contribución del error de la medición de la posición y de la identificación de la especie tienen una importancia similar al error en la medición del diámetro normal.
- La medición de la altura en todos los pies reduciría los errores no muestrales.
- Para las condiciones del presente estudio, los errores no muestrales fueron superiores a los muestrales.

AGRADECIMIENTOS

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (Agencia Alemana de Investigación) Project: DFG KL894/17 “*Development of an integrated forest carbon monitoring system with field sampling and remote sensing*”.
- Agencia Española de Investigación. Programa Juan de la Cierva – Incorporación.
- Comisión Europea H2020. Marie Skłodowska-Curie - EF Program.
- FAO Forestry Division. Forest Resources Assessment Program.

Contacto
cesar.cruzado@usc.es



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía



26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura



www.congresoforestal.es

DIAPPOSITIVA ADICIONAL 1: MATERIAL Y MÉTODOS

Modelo de descomposición de la varianza



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

- No todas las fuentes de incertidumbre contribuyen igual
- Distinta naturaleza entre los errores muestrales y los no-muestrales

$$x_{js} = \mu + \alpha_j + e_{js}$$

Error Error
muestral residual

s= factores

j = observaciones independientes

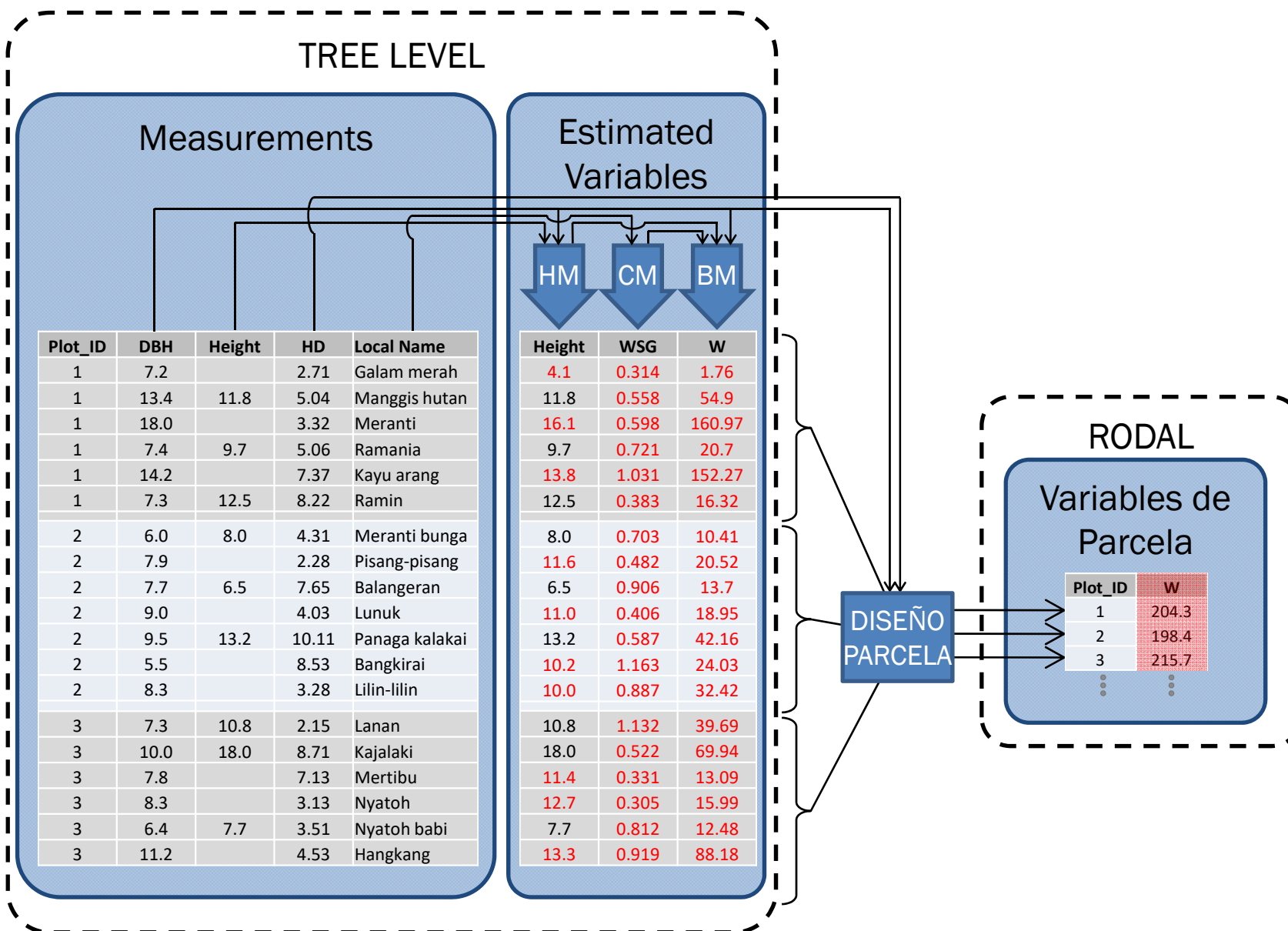
$$SST = SST_i + SSE$$

- Los errores de medición y debidos a los modelos se asume que contribuyen exclusivamente al término del error residual.
- Los errores de medición y debidos a los modelos se asumen independientes, por lo que:

$$SSE = \sum_{k=1}^K SSE_k$$

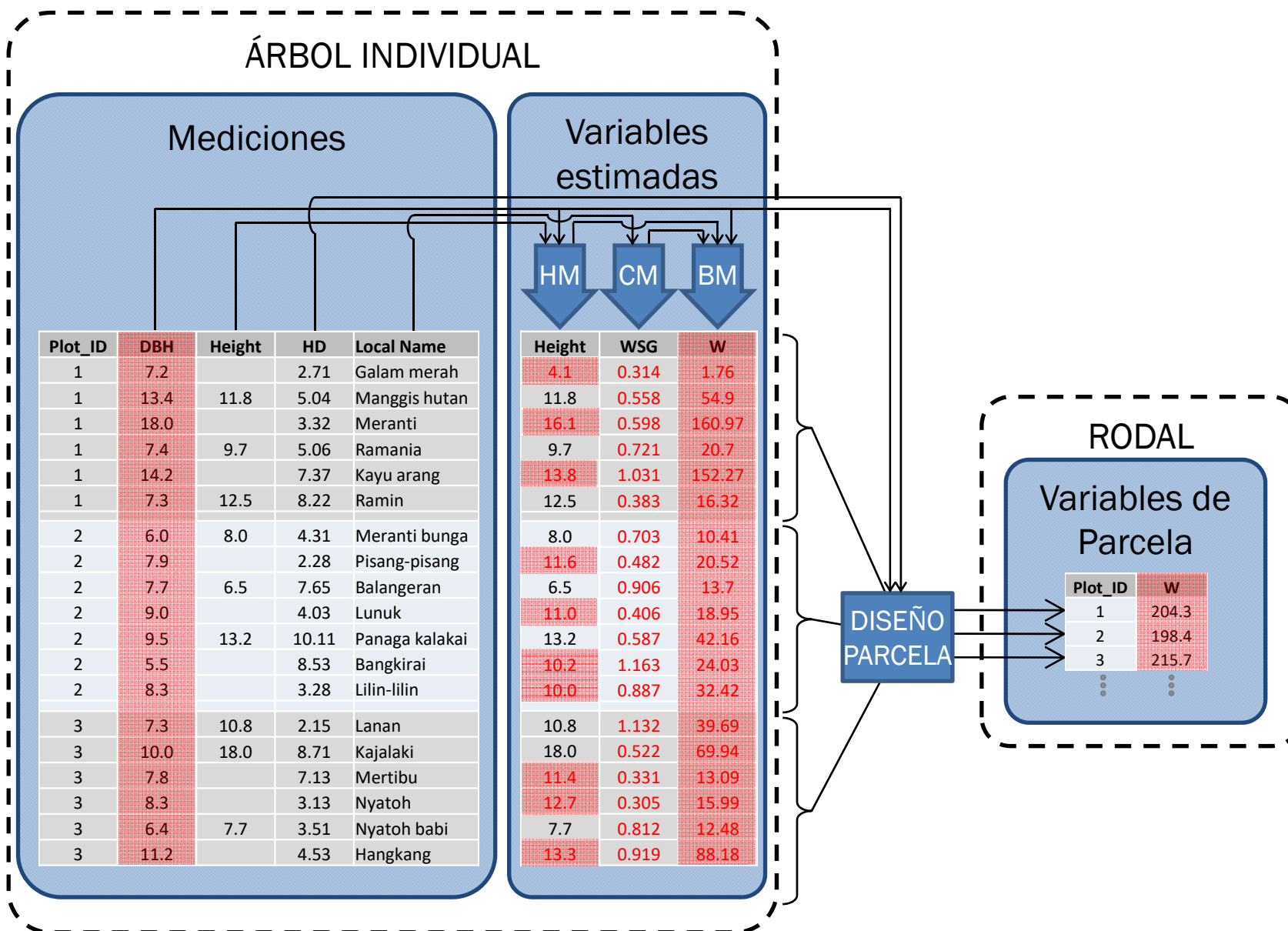
DIPOSITIVA ADICIONAL 2: MATERIAL Y MÉTODOS

Proceso de Monte Carlo: algoritmos base.



DIPOSITIVA ADICIONAL 3: MATERIAL Y MÉTODOS

Proceso de Monte Carlo: simulaciones



Model error: Biomass equations

- Forest type-specific biomass equations (data provided by Mr. Solichin Manuri, ANU)
 - n= 148 trees
 - DBH 2.0-167cm
 - H 2.8-49.5m
 - WD 0.242-1 g·cm⁻³
- Bootstrap with n=40 and fitting a non-linear model.

$$w = a \cdot \text{DBH}^b \cdot H^c \cdot \text{WD}^d$$
- Generation of 10000 “candidate models”.
McRoberts & Westfall (2015)
- The available models for Indonesia are also considered

