



# Diseño de sistemas de monitorización forestal a gran escala

Valsaín, 06.06.2024

# Inventarios forestales a gran escala

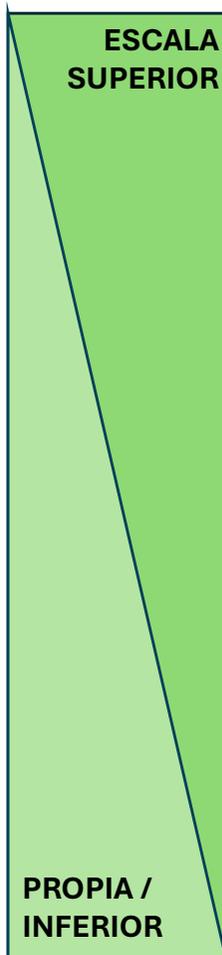


**INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES**

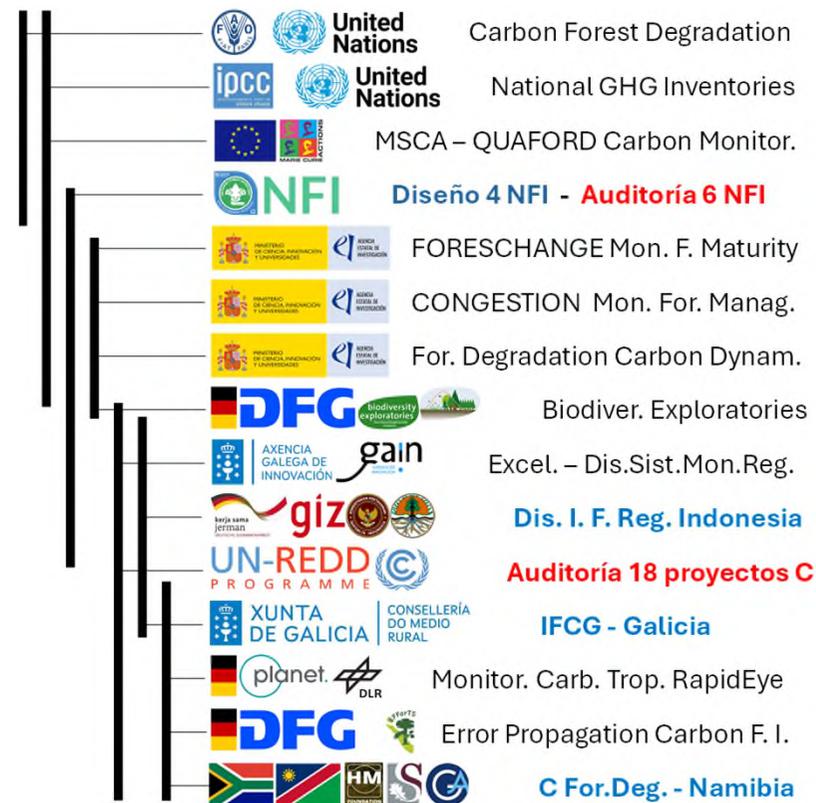
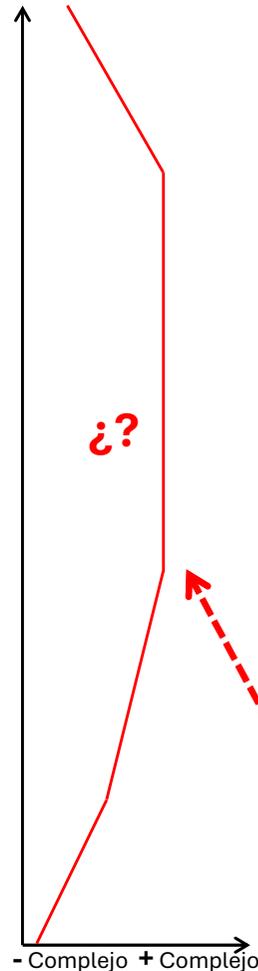
**INVENTARIOS DE GESTIÓN**

**CENSOS**

**CONSUMO DE INFORMACIÓN**

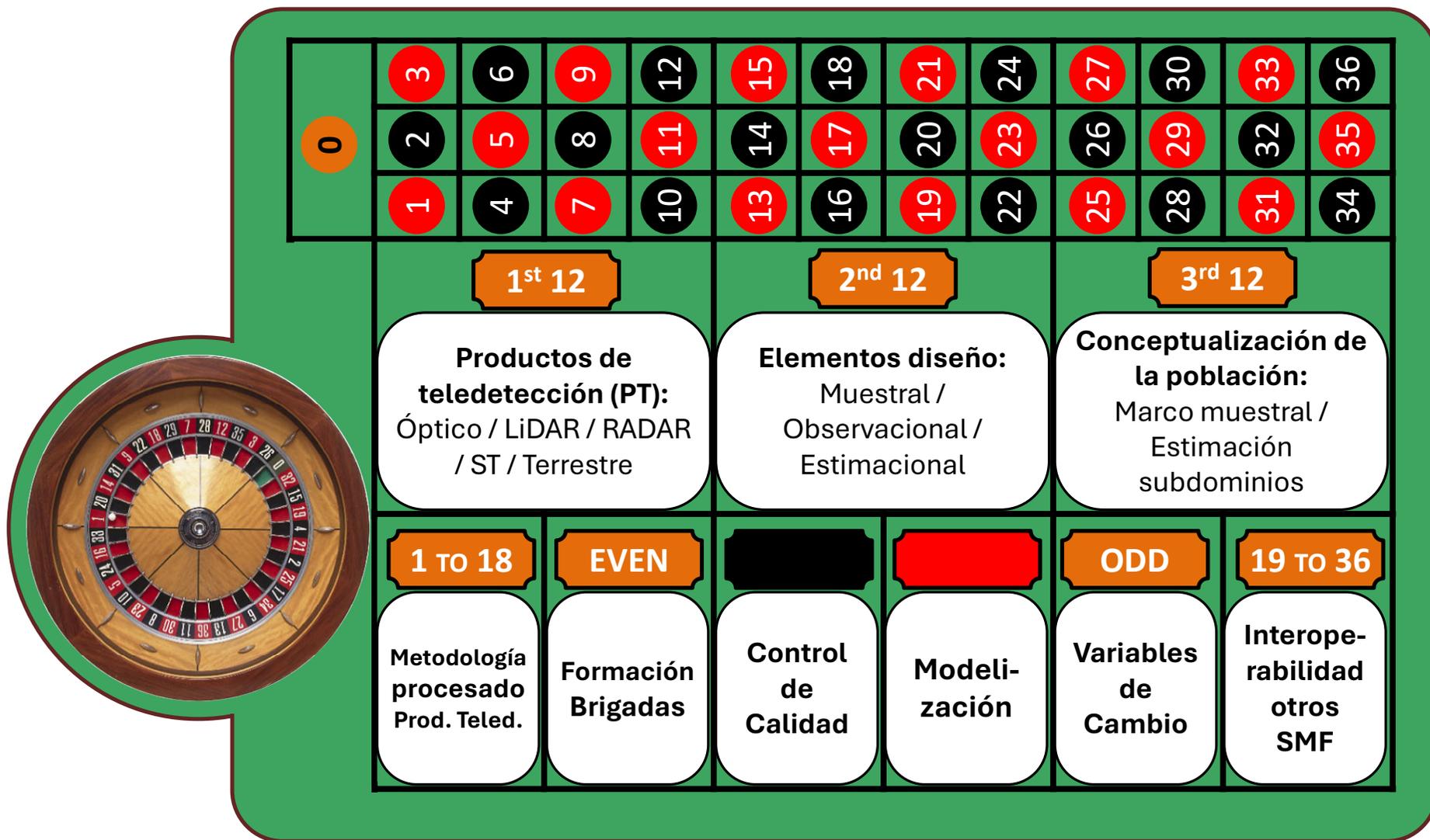


**COMPLEJIDAD METODOLÓGICA**

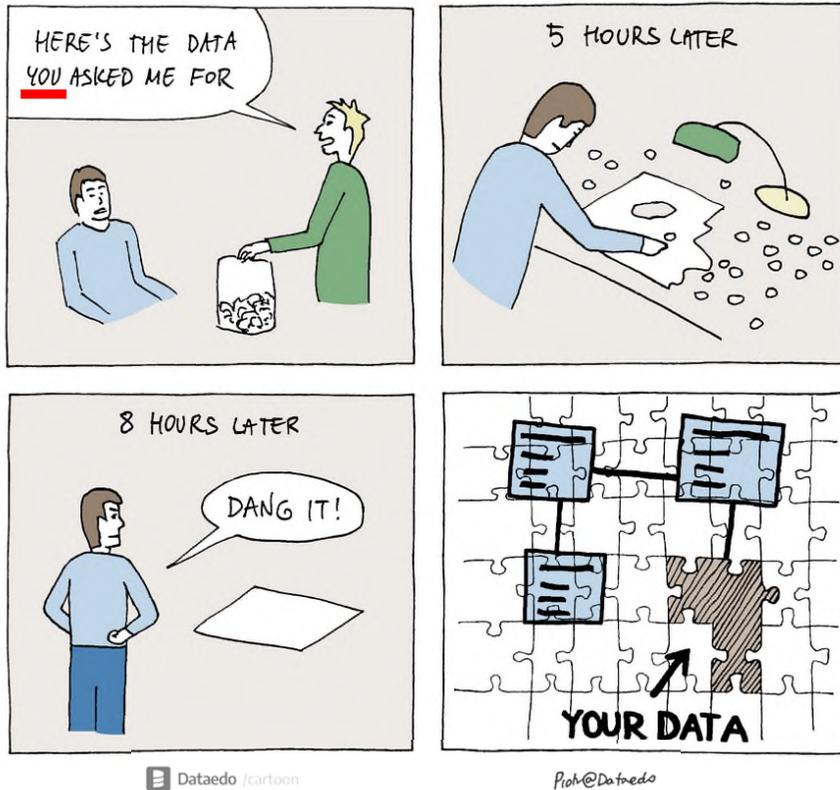


**¡CADA VEZ MÁS FRECUENTES!**

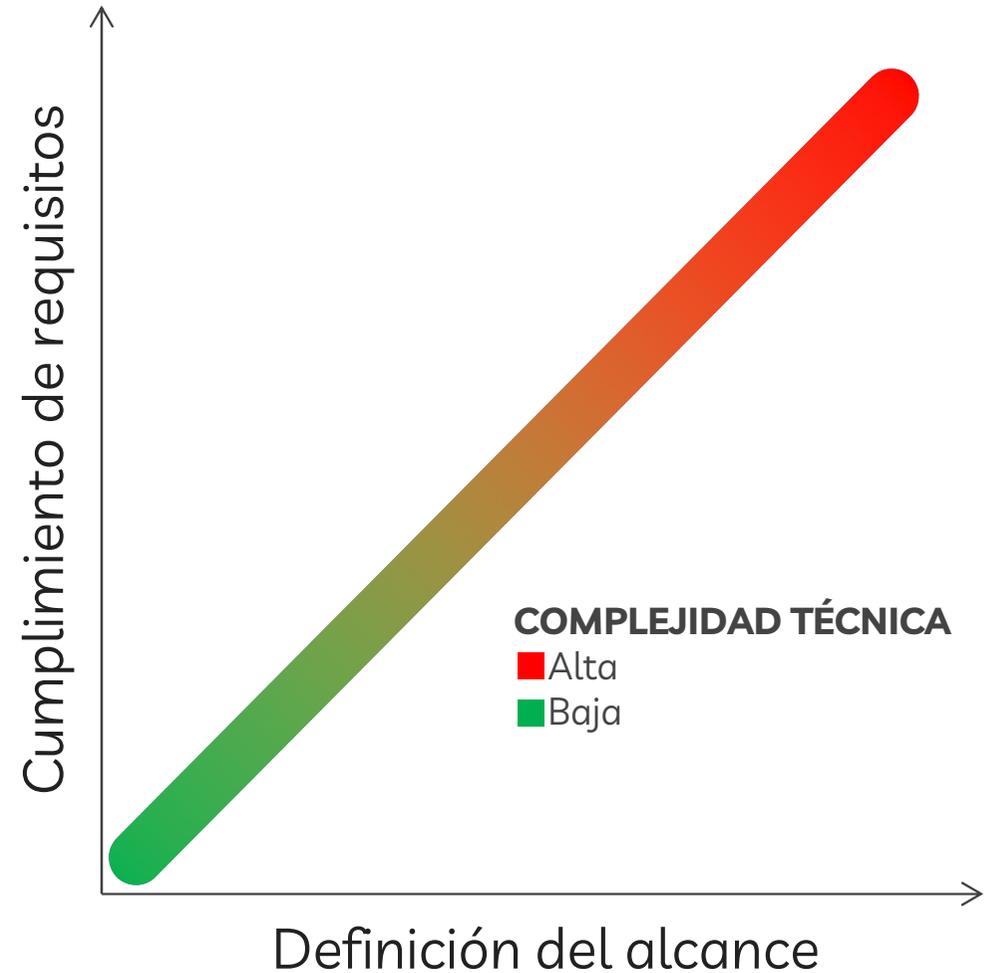
# Diseño de inventarios forestales a gran escala



# ¿Qué se necesita? ¿Está bien especificado?



**Reto → Definición del alcance del producto**  
**DATOS VS INFORMACIÓN**



# Especificación de requisitos vs margen técnico

Escala propia / inferior  
**REQUERIMIENTOS**

Análisis desempeño  
SMF existentes  
**LECCIONES APRENDIDAS**

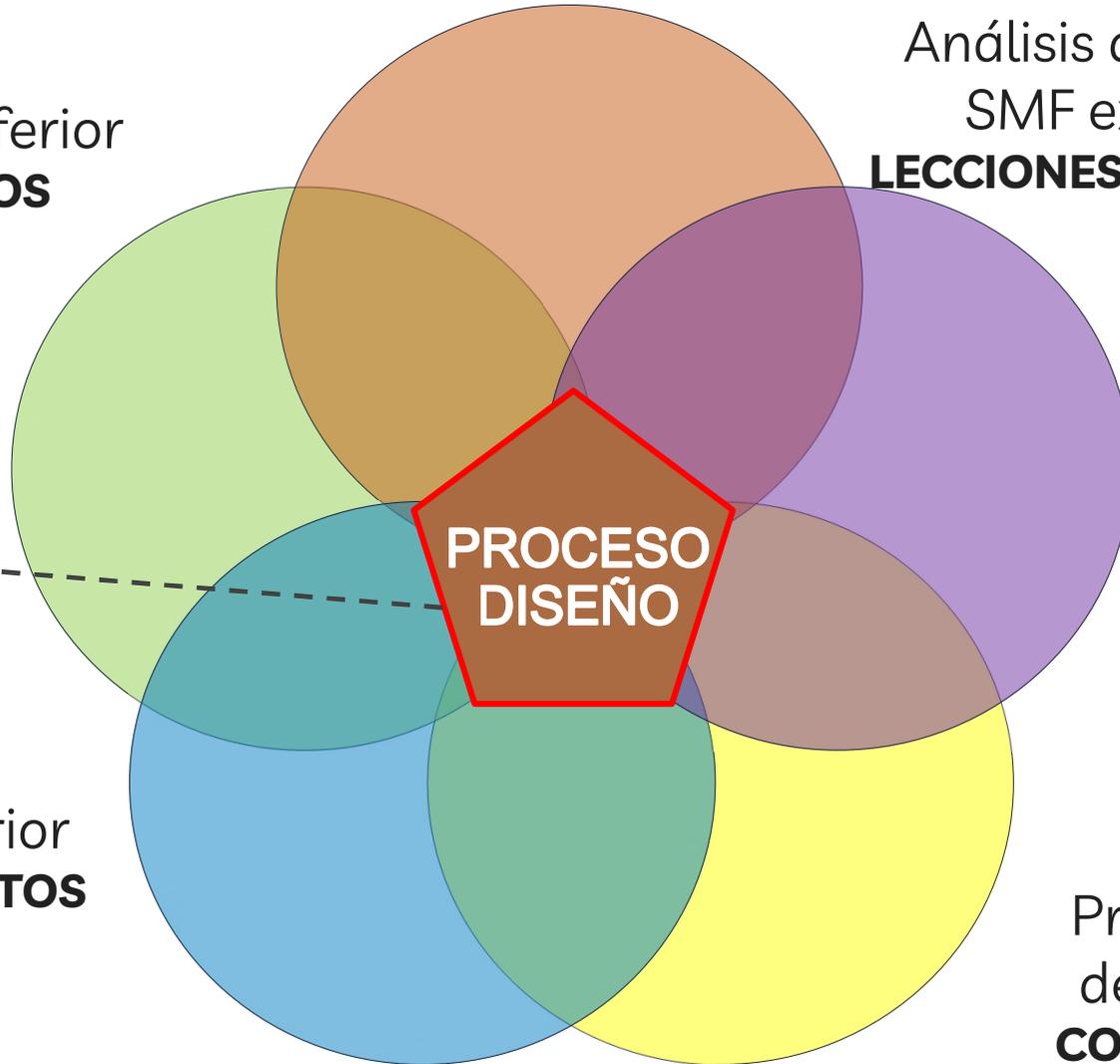
Adaptabilidad a futuras  
necesidades y recursos  
**RESILIENCIA**

**RESULTADOS  
DISEÑO**

**PROCESO  
DISEÑO**

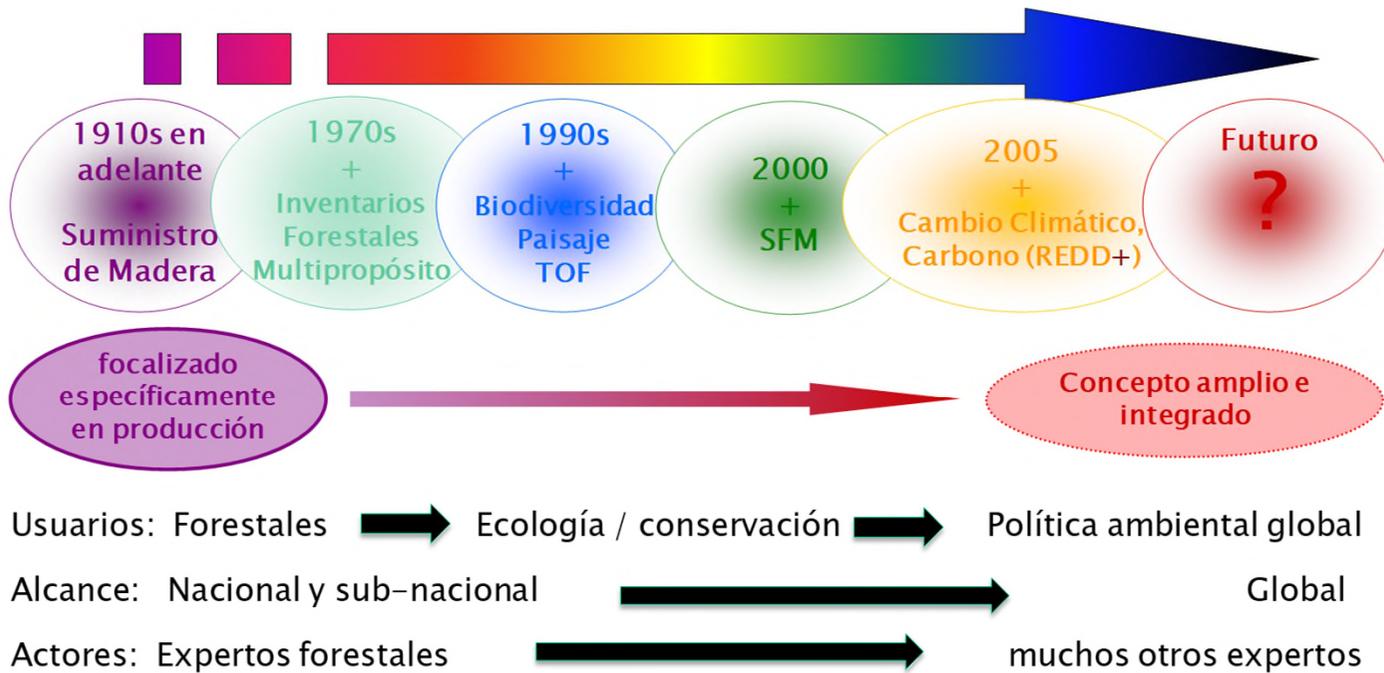
Escala superior  
**REQUERIMIENTOS**

Propiedades Estadísticas  
de la Población Objetivo  
**CONOCIMIENTO POBLACIÓN**

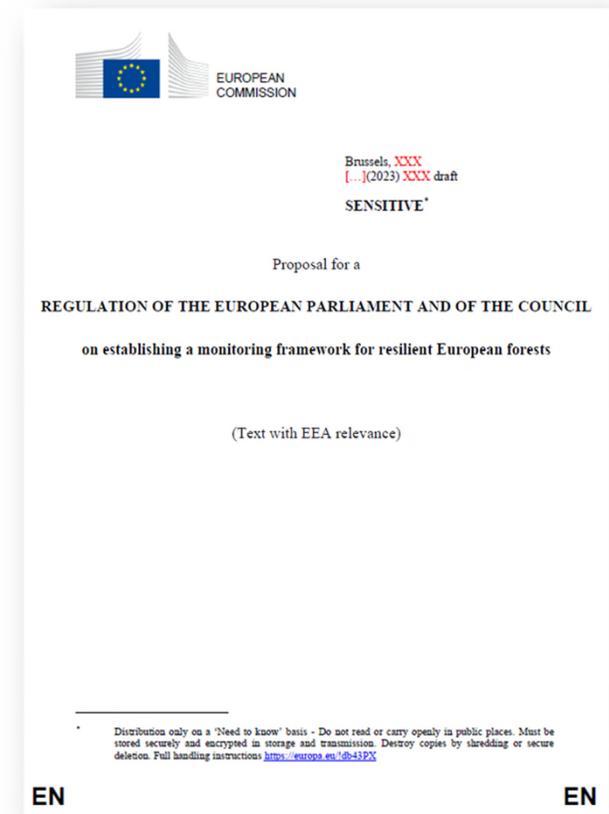


# En SMF permanentes ¿Cuál es la variable a optimizar?

- Las necesidades de información y los recursos disponibles varían con el tiempo
- NMF **RESILIENTES** → Se adaptan a nuevas necesidades / circunstancias
- ¿Se puede modular/diseñar la resiliencia?



FAO 2014, modificado



# Inventario Definitivo del IFCG: CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO TÉCNICO: RESILIENCIA



Brussels, XXXX  
[...](2023) XXXX draft

SENSITIVE\*

Proposal for a

REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

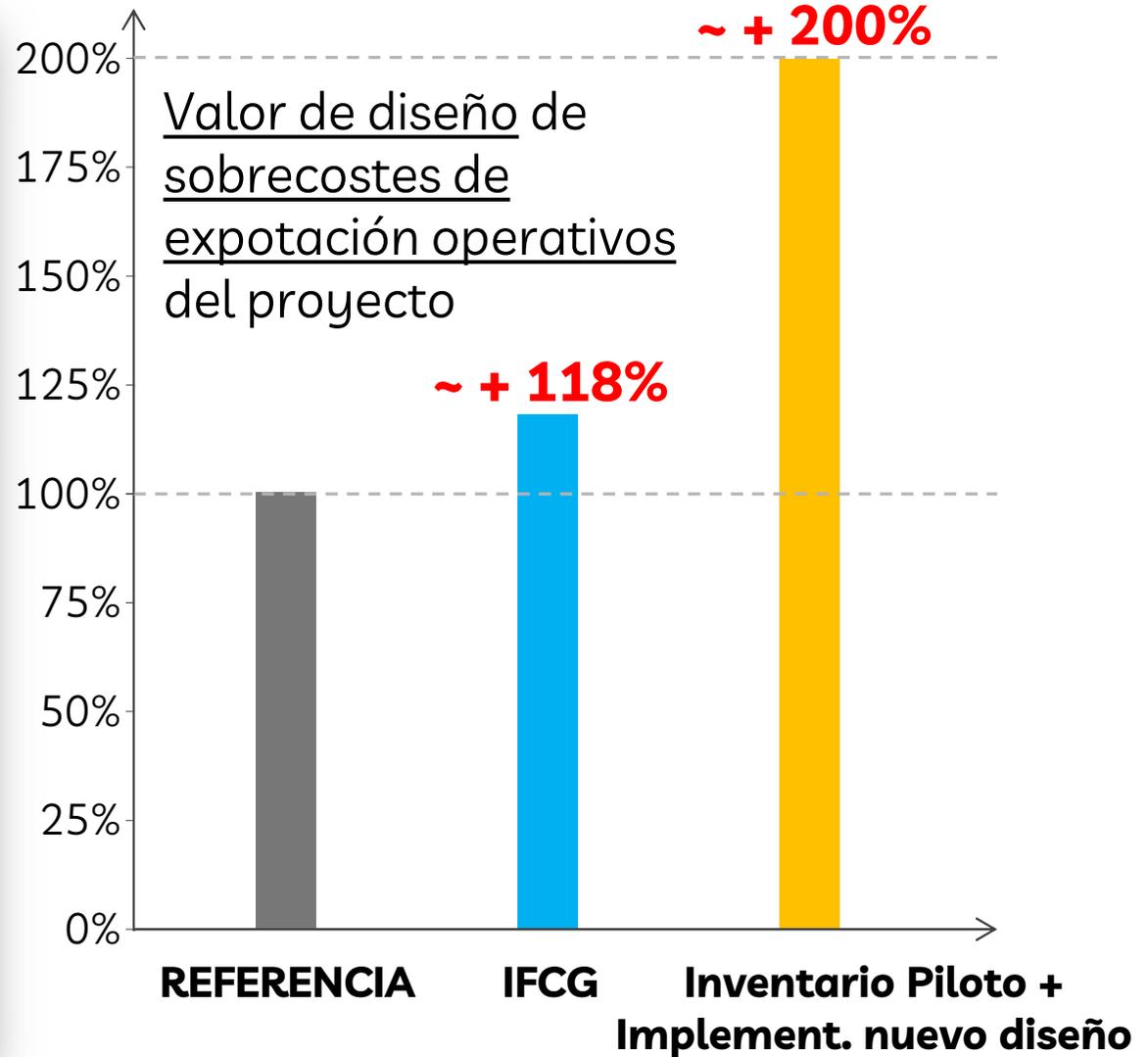
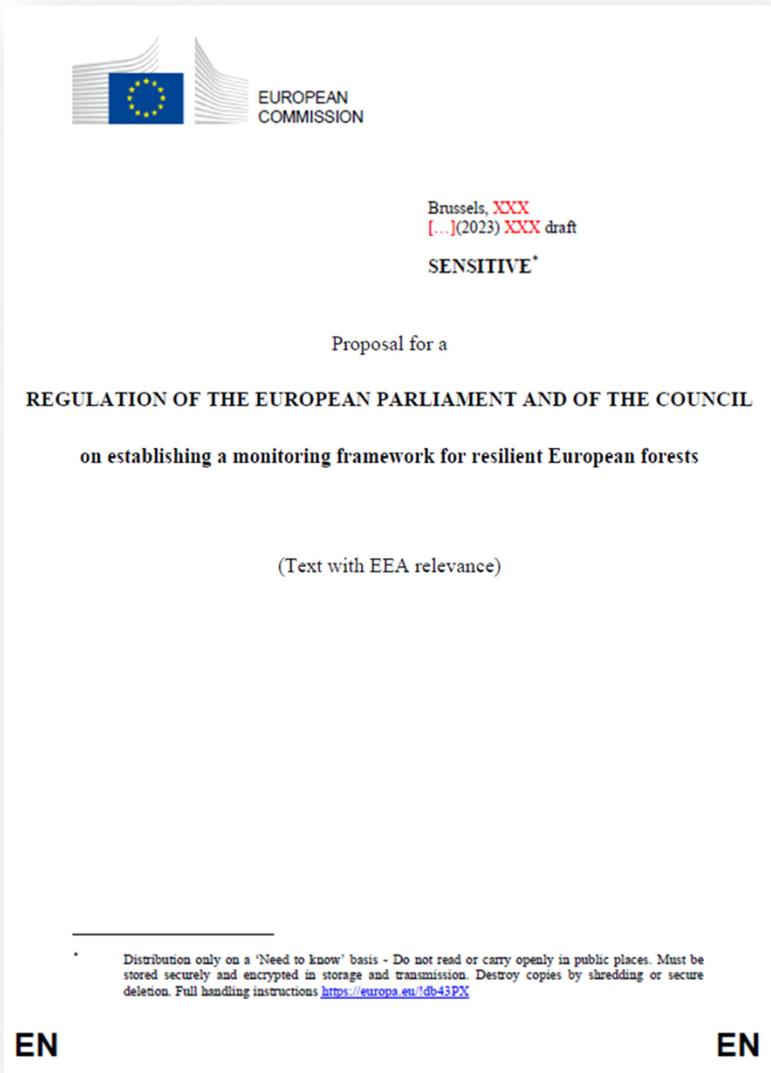
on establishing a monitoring framework for resilient European forests

(Text with EEA relevance)

\* Distribution only on a 'Need to know' basis - Do not read or carry openly in public places. Must be stored securely and encrypted in storage and transmission. Destroy copies by shredding or secure deletion. Full handling instructions <https://europa.eu/db43PX>

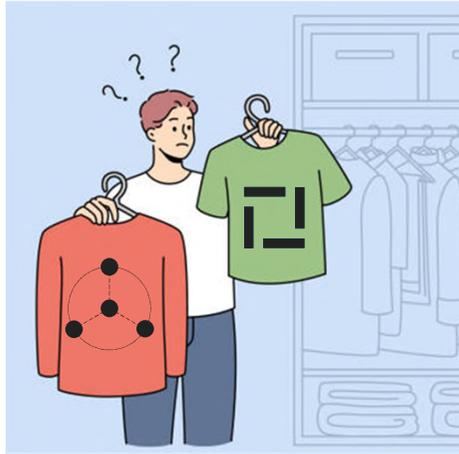
Art. 5 Forest data collection framework. 2) 3)	Incluido	Requiere modificaciones	Escala E/T
a) forest area;	✓	✓	✓
b) tree cover density;	✓	✓	✓
c) forest type;	✓	✓	✓
d) forest connectivity;	✗	✓	✓
e) defoliation;	✓	✗	✓
f) forest fires;	✓	✓	✓
g) wildfire risk assessment;	✓	✓	✓
h) tree cover disturbances.	✓	✗	✓
j) growing stock volume;	✓	✓	✓
k) net annual increment;	✓	✓	✓
l) stand structure;	✓	✓	✓
m) tree species composition and richness;	✓	✗	✓
n) European forest type;	✗	✓	✓
o) removals;	✓	✓	✓
p) deadwood;	✗	✗	✓
q) location of forest habitats in Natura 2000 sites;	✗	✗	✓
r) abundance of common forest birds;	✗	✗	✗
s) location of primary and old-growth forests;	✗	✗	✓
t) production and trade of wood products;	✓	✓	✓
u) forest biomass for bioenergy.	✓	✓	✓

# Inventario Definitivo del IFCG: CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO TÉCNICO: RESILIENCIA



# Alternativas metodológicas para el diseño

## Diseños estándar



- ✓ Solución rápida
- ✓ Coste fase puesta en marcha



**Adoptar elementos /  
totalidad del IFN**

## Optimización



- ✓ Cumplimiento de requisitos
- ✓ Coste fase explotación
- ✓ Modularidad/escalable



**Diseño totalmente nuevo**

# Elementos de diseño de un sistema de monitorización forestal

## NECESIDADES DE INFORMACIÓN

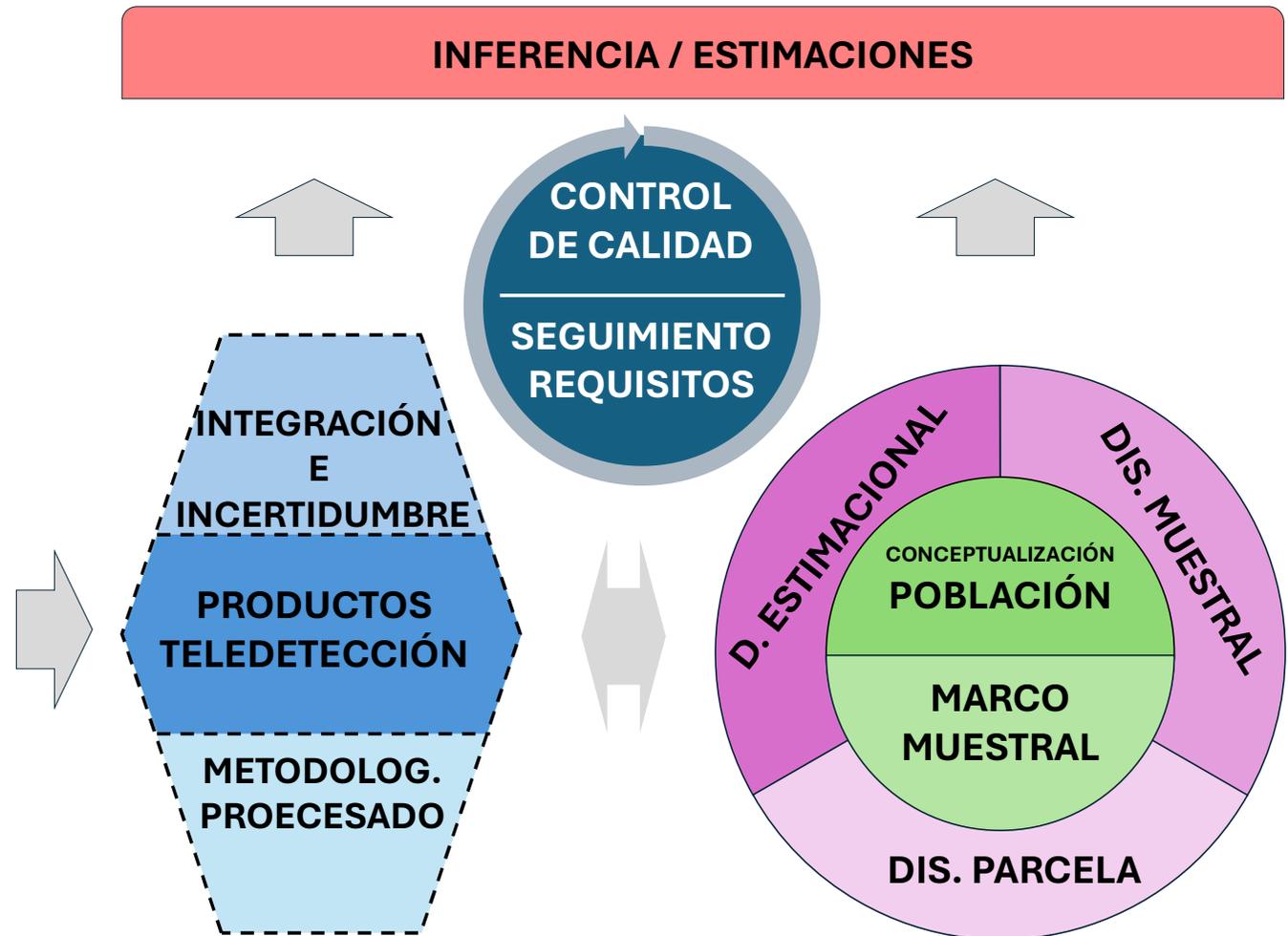
- Variables
- Indicadores
- Productos

## REQUISITOS

- Resolución espacial / temporal
- Estratificación instrumental

## FUNCIONALIDADES

- Resiliencia
- Estimación en subdominios
- Interoperabilidad: 1) de los datos base, 2) con otros SMF y productos asociados



# Necesidades de información del sector forestal IFCG

## ENCUESTA AL CONSELLO FORESTAL

**1ª Parte:** recoger información sobre problemas de sistemas de monitorización existentes en el desarrollo de su actividad.

**2ª Parte:** Caracterización de las necesidades de información del sector forestal

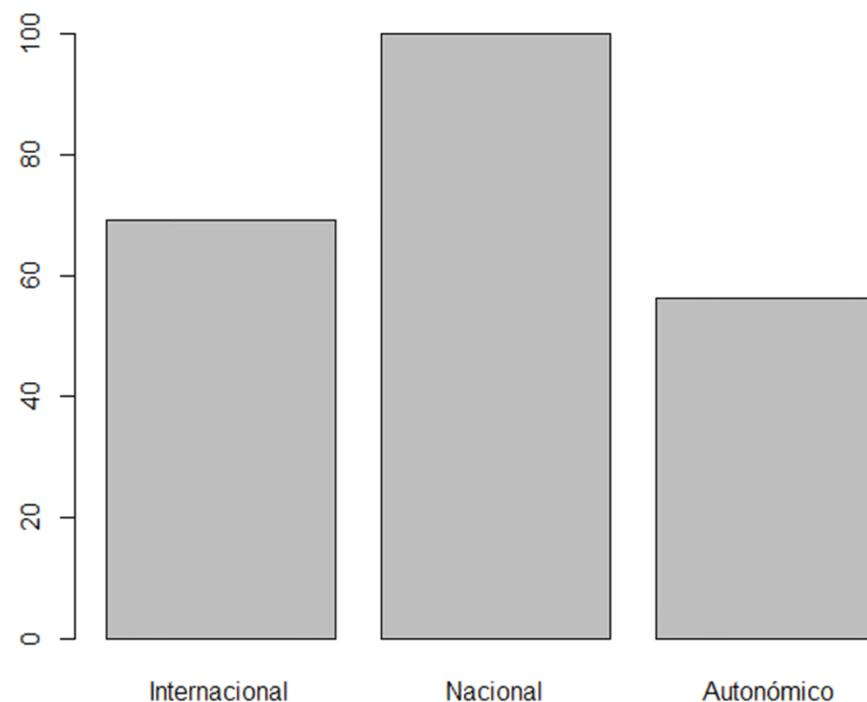
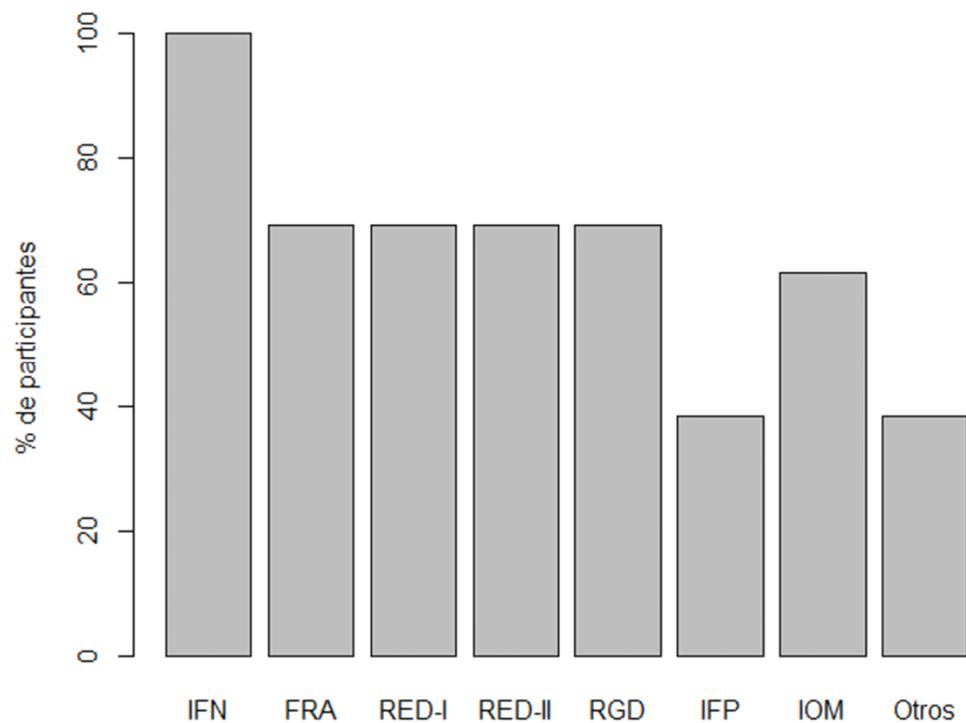
NOME		APELIDOS		INSTITUCIÓN / ORGANISMO / ENTIDADE		
EXPECTATIVAS	OBJECTIVOS	NECESIDADES DE INFORMACIÓN	VARIABLES / INDICADORES	PRODUCTOS	ESCALA ESPACIAL	ESCALA TEMPORAL



# Necesidades de información del sector forestal IFCG

## ENCUESTA AL CONSELLO FORESTAL

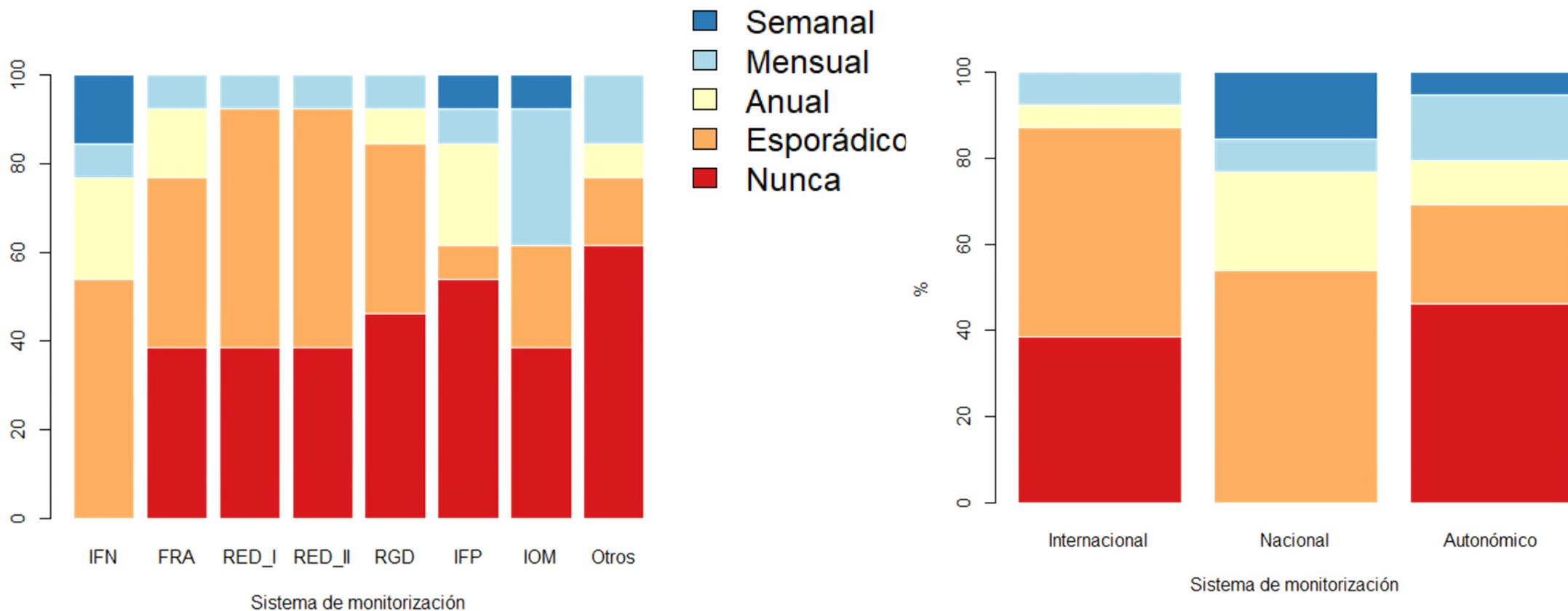
### 4) ¿Que sistemas de monitorización forestal conoce?



# Necesidades de información del sector forestal IFCG

## ENCUESTA AL CONSELLO FORESTAL

6) ¿Con qué frecuencia usa la información, productos o salidas de los siguientes sistemas de monitorización?



# Requerimientos planteados por la Administración Forestal

## PLAN FORESTAL

PFG

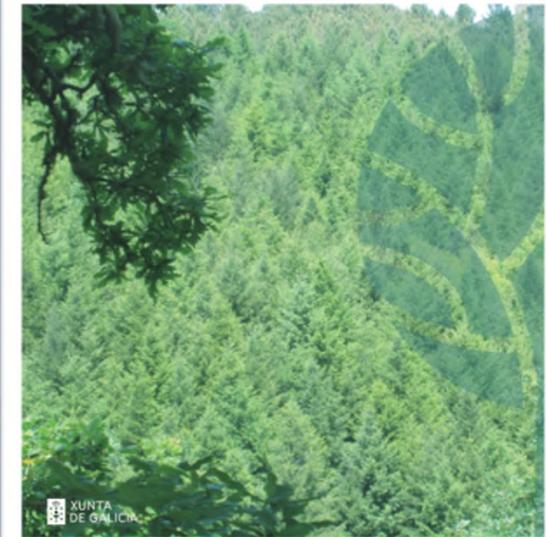


**EJE V: Estadística, formación e investigación forestal**  
**V.1.1. Inventario forestal continuo de Galicia (IFCG)**

### Medidas a tener en cuenta para el diseño y elaboración del IFCG:

1. Basado en técnicas de teledetección a distintas escalas temporales y espaciales.
2. Estimación a distintas escalas, asegurando la cobertura total y remediación en plazos breves.
3. Modulable en intensidad de muestreo para optimizar coste e incertidumbre.
4. Aplicación de métodos objetivos de clasificación.
5. Integración inventarios forestales a escala operativa (proyectos de ordenación de montes).
6. Integración Red Gallega de Seguimiento de Daños.
7. Integración de información de áreas terrestres inaccesibles o de difícil acceso.
8. Integración con los procesos de supervisión y control administrativo o de aprovisionamiento, tanto de la Administración forestal como gestores privados.
9. Incluirá variables de cambio, recibirá en tiempo real datos de actividad forestal.
10. Se podrá realizar una integración parcial con el actual Inventario Forestal a nivel estatal.

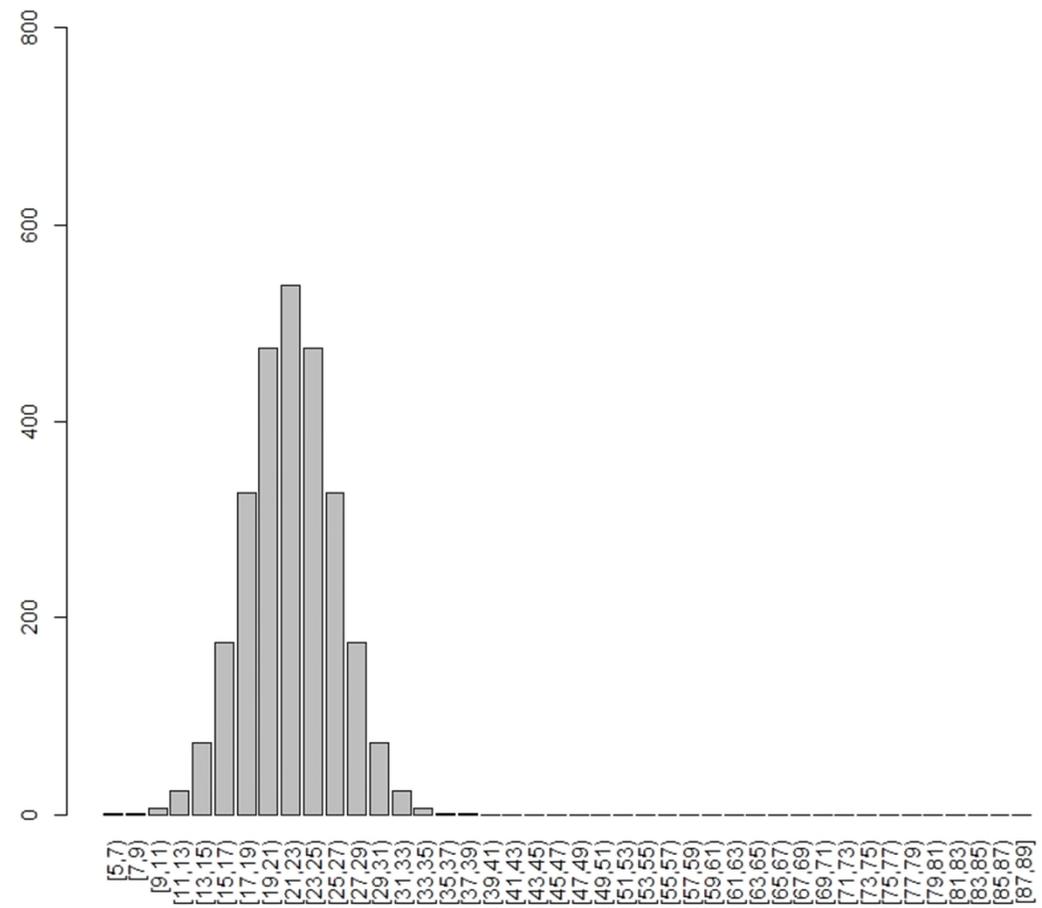
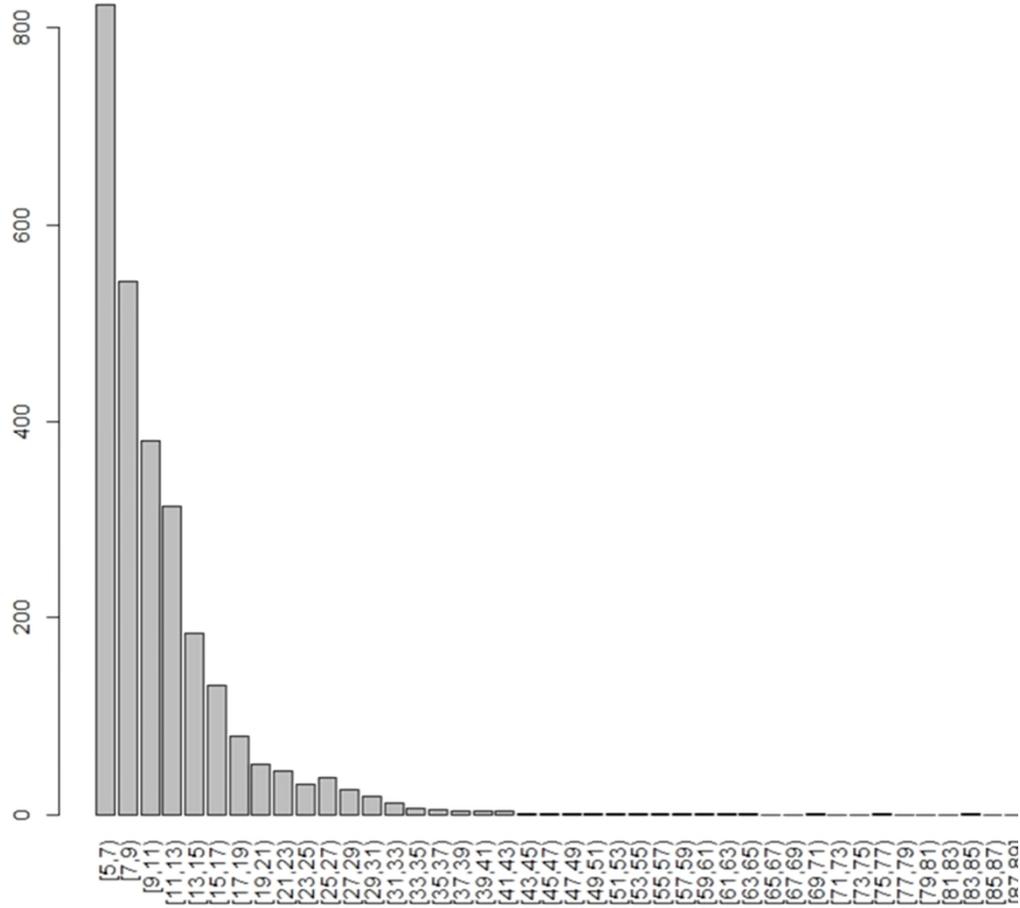
1ª REVISIÓN DEL  
**PLAN FORESTAL DE GALICIA**  
 HACIA LA NEUTRALIDAD CARBÓNICA



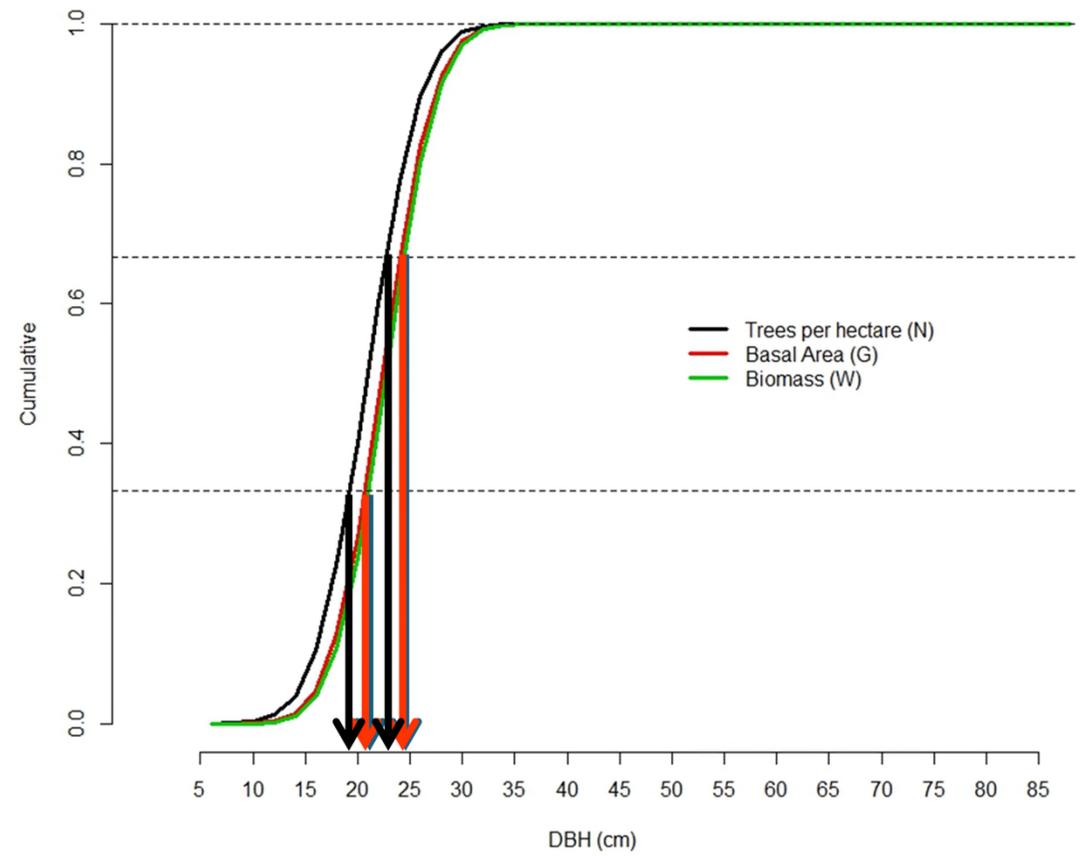
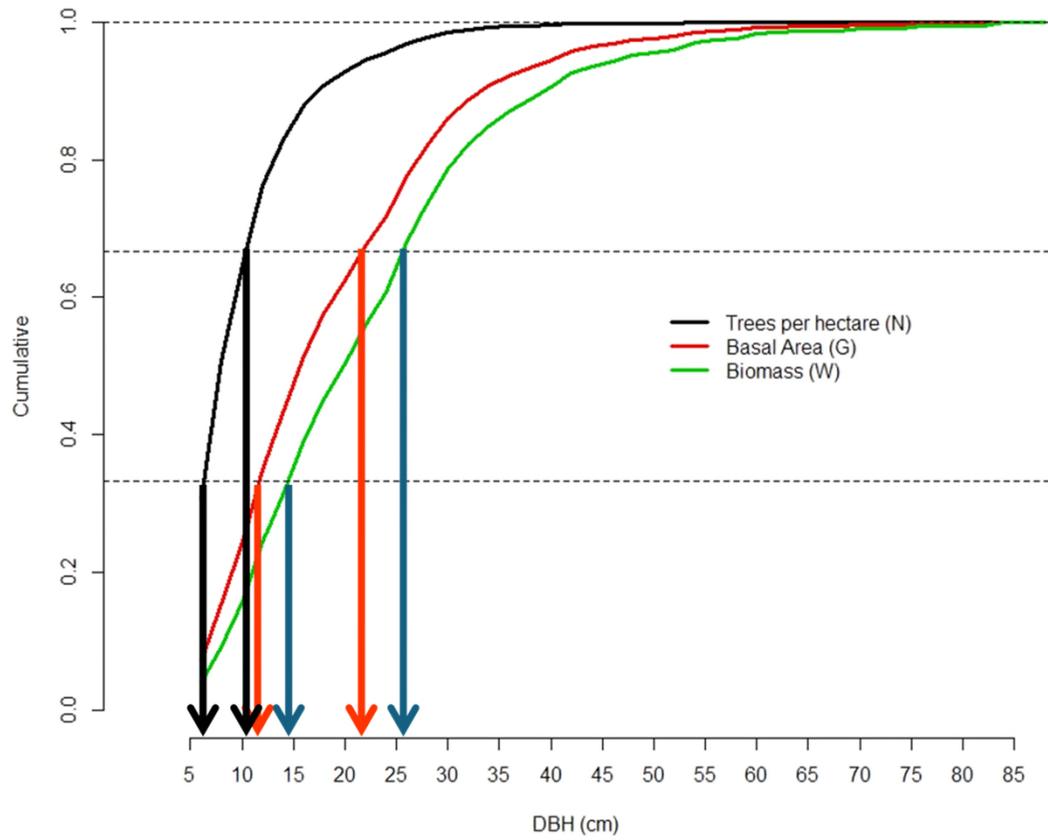
# Cumplimiento de requisitos del IFCG: Matriz QFD

REQUERIMIENTOS DE LOS USUARIOS	Importancia (1-5)	ELEMENTOS DE DISEÑO														IFN	Inventarios de Ordenación	Red Gallega de Daños en los Bosques	Inventarios de Ordenación Cinegética	Inventarios de Ordenación Piscícola	Otra Información		
		DISEÑO DE PARCELA							DISEÑO DE MUESTREO				DISEÑO DE ESTIMADORES										
		Parcela de área fija circulares	Variables de calidad de la madera	Variables de incendios	Identificación de especies	Caracterización selvícola, origen, producción objetivo y nivel de gestión	Evidencias de aprovechamientos no madereros	Propiedad, parcelación y afecciones	Variables de daños para detección temprana	Métodos de muestreo pivotaes	Muestreo k-plot centrado en parcelas catastrales	Definición de estratos de especies arbóreas y formaciones de matorral	Sistema de detección de cambios	Inferencia basada en modelos	Actualización estado de las parcelas con modelos de crecimiento							Integración de datos con otros diseños muestrales	Estimación en subdominios
Mejorar la resolución espacial	2								3				3			3	D	MB	B	MB	MB		
Mejorar la resolución temporal									3				3	3			D	R	B	B	MB		
Reducir problemas mezcla de especies	3									3	3		2				D	MB					
Reducir problemas mezcla de edades	3									3			2				D	MB					
Mejorar identificación de especies					3					3							D	MB					
Integración de otros sistemas de monitorización									3				3		3	3							
Mejorar la definición de estratos	3									3	3						D	MB					
Mejorar la caracterización de la calidad de la madera		3															R	B	B				
Estimación de afección por incendios y riesgo			3									3					D	R	B	R			
Mejorar información sobre nivel de gestión de las masas					3												D	MB	D				
Identificación de hábitats					2				2		3						R	B	D	MB	R		
Mejorar la información de aprovechamientos no madereros						2											R	B	D	B	B		
Mejorar la información sobre condicionantes de aprovechamiento y afecciones							3			2											B	B	
Mejorar la información sobre estructura de la propiedad							3																
Mejorar la información sobre daños			3					3				3					D	MB	MB	B			
Mejorar la detección de cambios										2		3					B	B	B	B	B		
Mejorar información sobre régimen hidrológico			2	2							3	2					B	B	B	B	MB	MB	
Estimación de servicios ecosistémicos	2			2		1											MB	R	D	B	B	B	
Estimación de valores poblacionales de fauna								1			2						D	D	R	MB	MB	B	
Información sobre elementos patrimoniales y etnográficos							2										D	B	R	R	B	MB	

# Algunos comentarios sobre el diseño de parcela

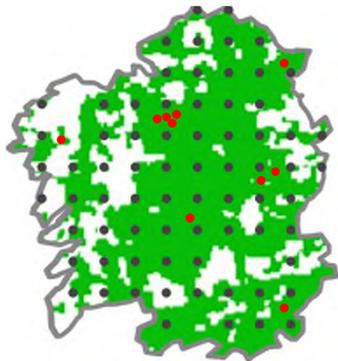


# Algunos comentarios sobre el diseño de parcela

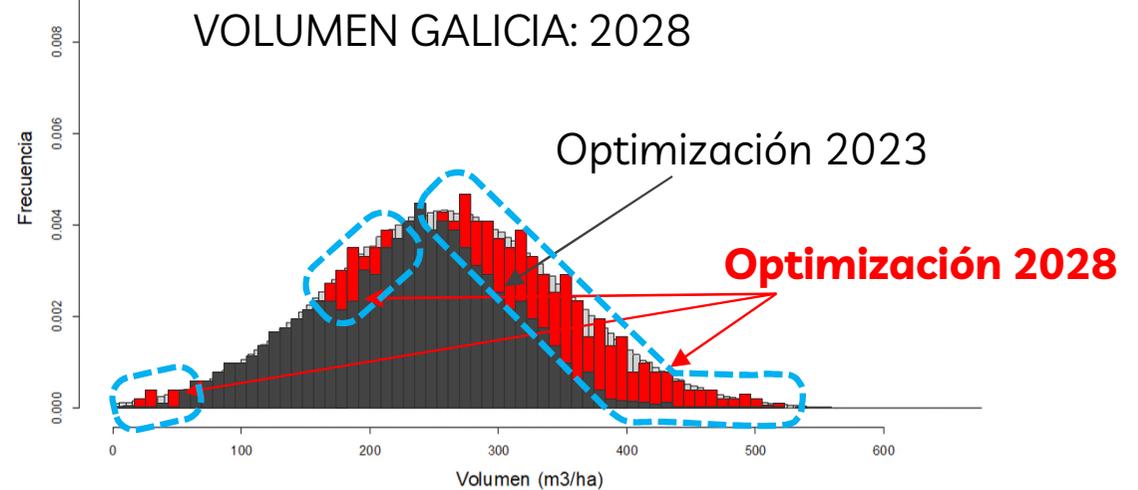
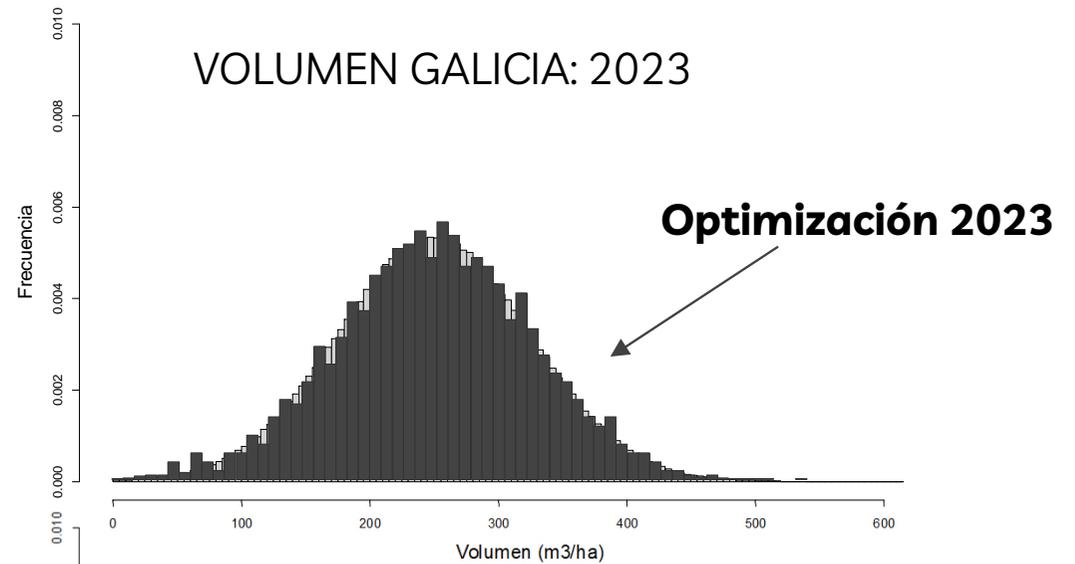


# Algunos comentarios sobre el diseño muestral

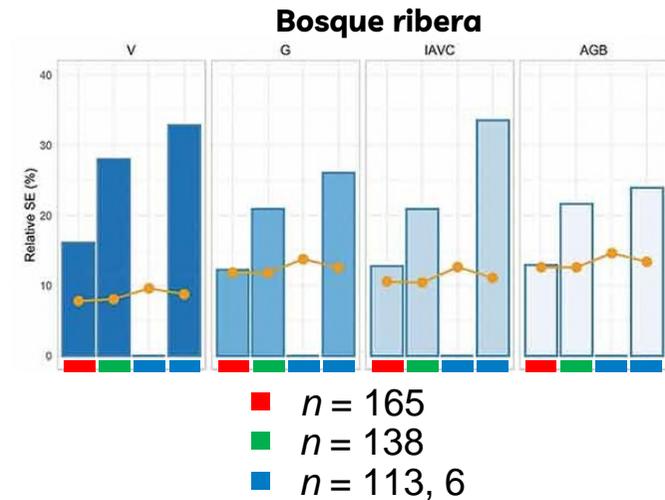
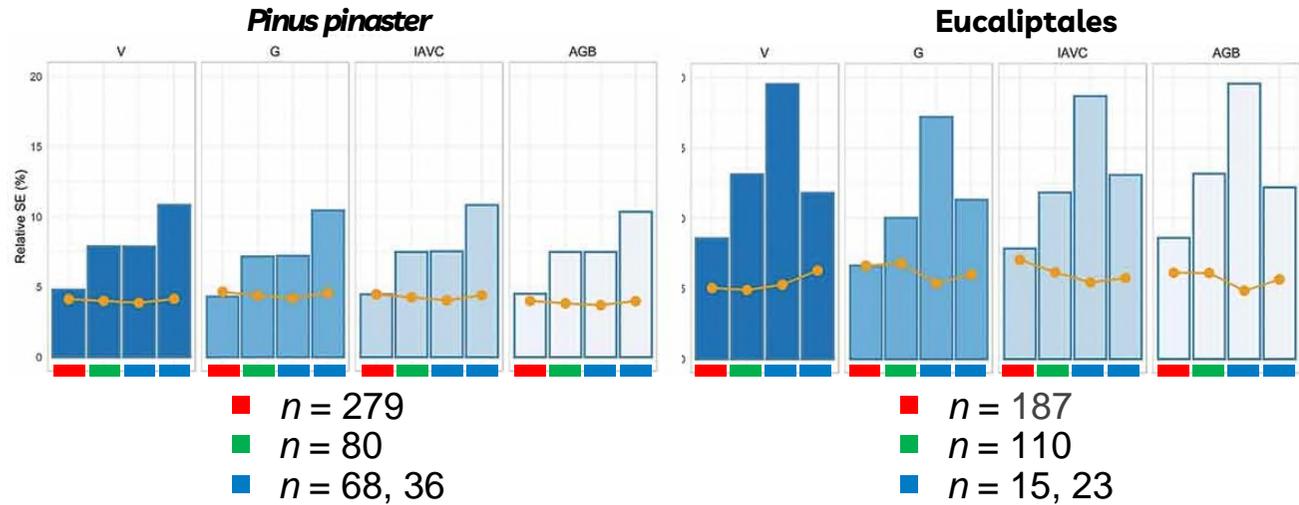
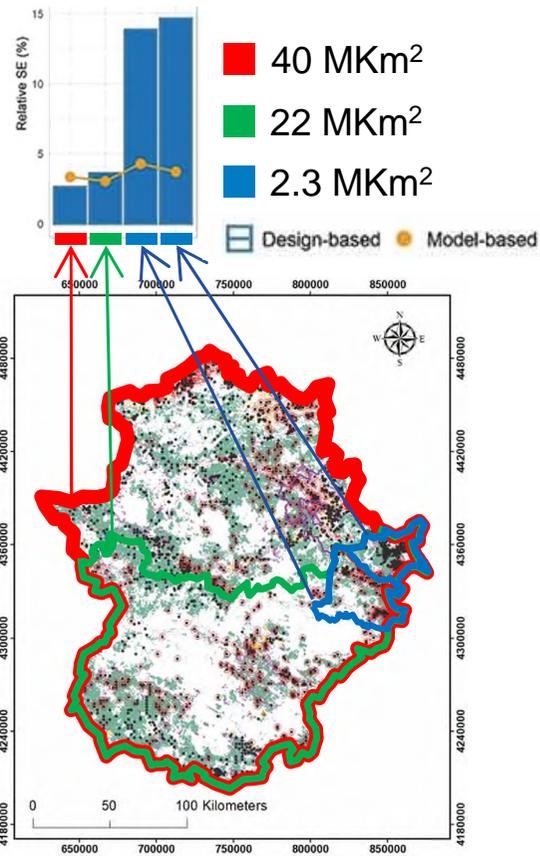
## Red Base y Red Ampliada del IFCG



- Población Galicia
- Red Base
- Red Ampliada



# Algunos comentarios sobre el diseño estimacional

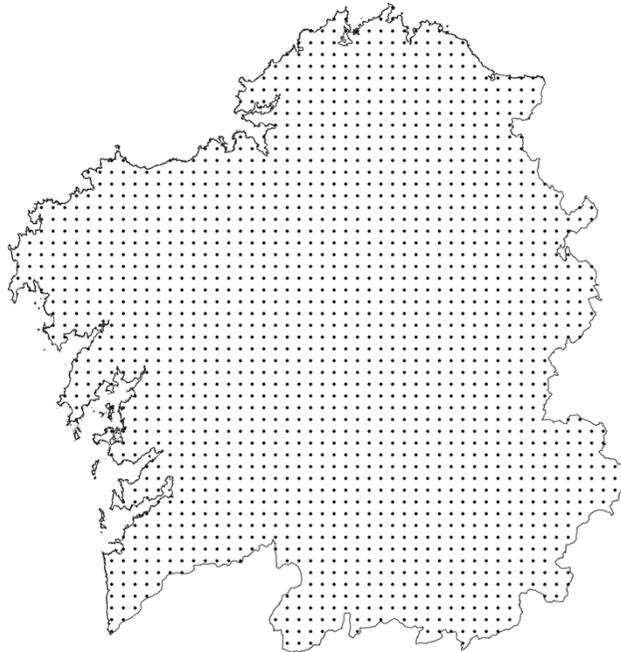


## Principales ventajas

- Menos dependiente del tamaño de muestra
- Menos dependiente de la escala
- Valores contenidos incluso en formaciones poco representadas en la muestra, siempre que sean mapificables
- Estimación en subdominios y formaciones poco frecuentes

Interpreting the uncertainty of model-based and design-based estimation in downscaling estimates from NFI data: a case-study in Extremadura (Spain). (2022) Guerra-Hernández, ..., Martínez-Calvo, Pérez-Cruzado *GIScience & Remote Sensing*. 59: 686-704

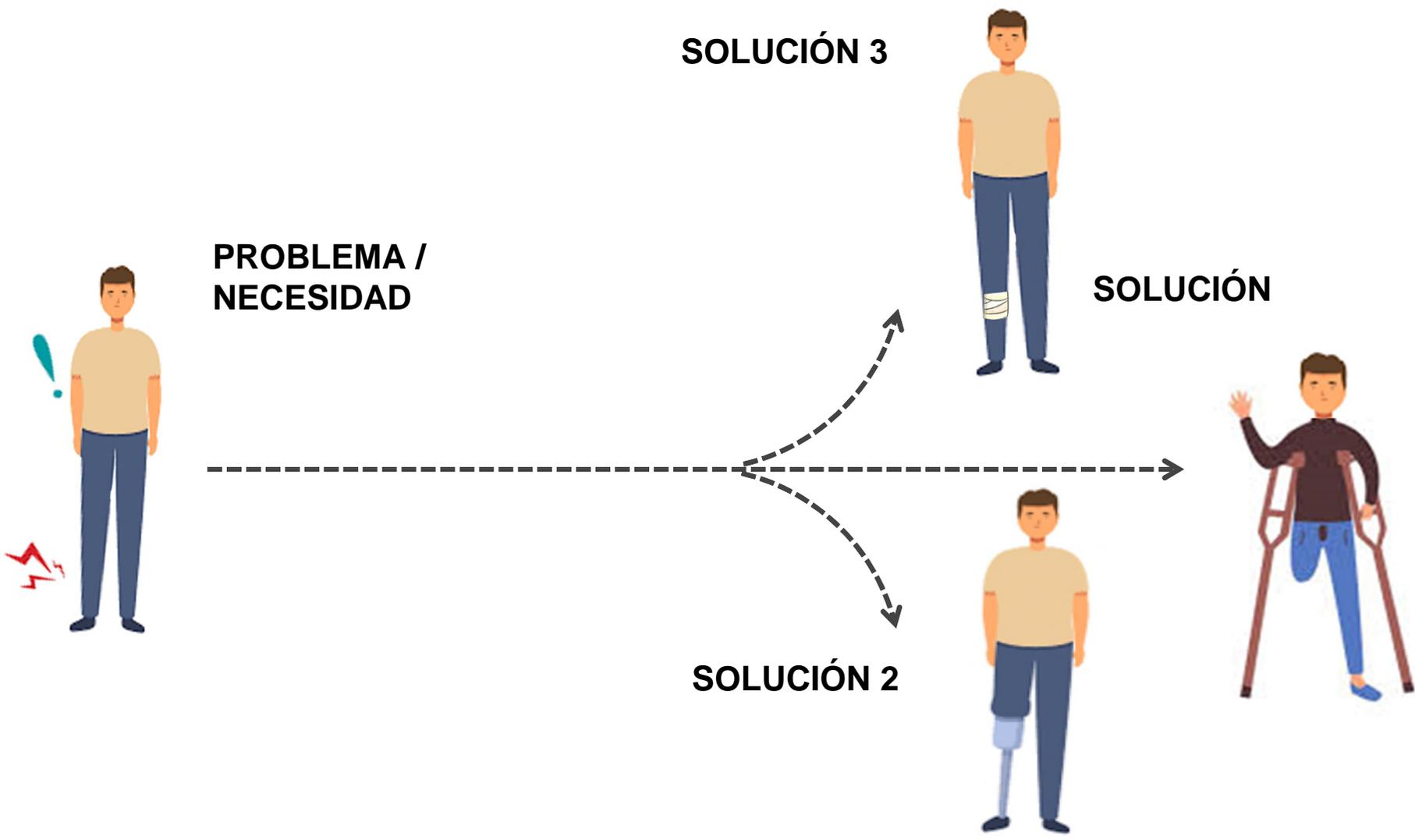
# Inventario Definitivo del IFCG: Diseño muestral



## Red Base

- 4 x 4 km. Coincidente con Rede de Danos, 1848 puntos de muestreo
- *K-plot* (Martínez-Calvo),  $k=6$  en esta fase
- 18 parcelas candidatas en cada punto, totalizan 33264 posibles puntos seleccionados
- Población → Parcelas Catastro / Subparcelas SIGPAC / Rodales proyectos ordenación de montes
- Complementada con una **Red Ampliada**: técnicas de muestreo pivotaes

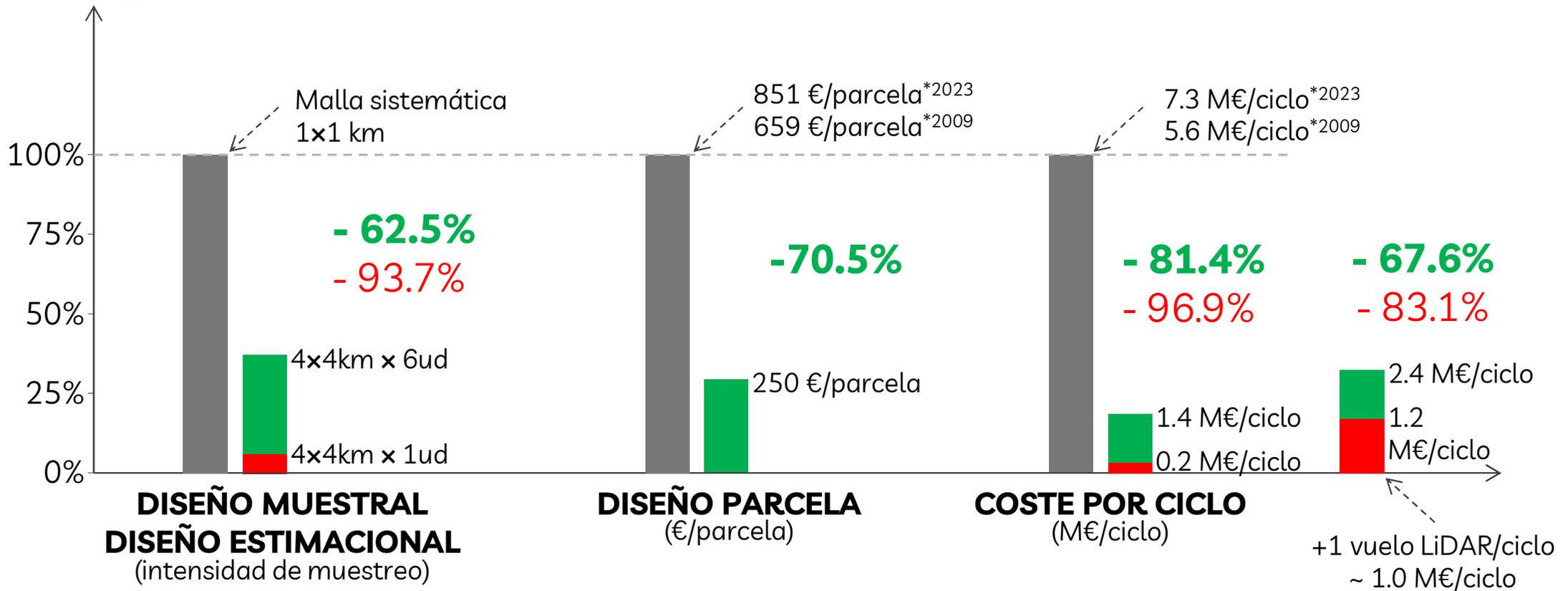
# Estándares de desempeño de un Sist. Monit. Forestal



# Inventario Definitivo del IFCG: ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO ECONÓMICO: COSTE FASE EXPLOTACIÓN

- Referencia (IFN)
- Valor diseño
- Mínimo viable

Valor de diseño de los costes de explotación operativos del proyecto

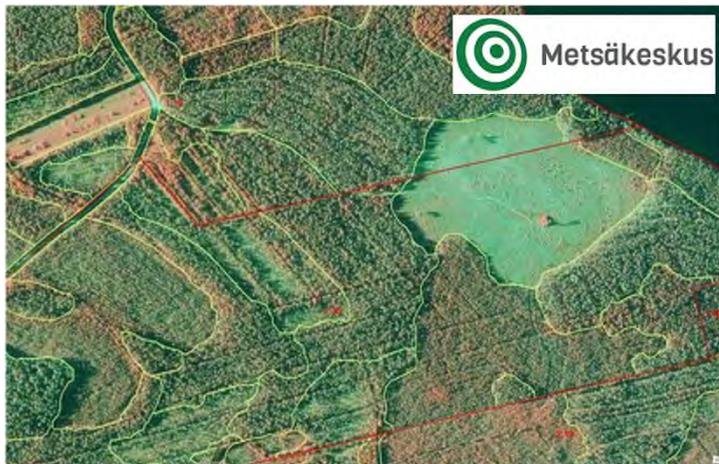


# Inventario Definitivo del IFCG: ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO ECONÓMICO:

## VALOR GENERADO

### Valor de diseño de costes de explotación totales del proyecto vs valor generado

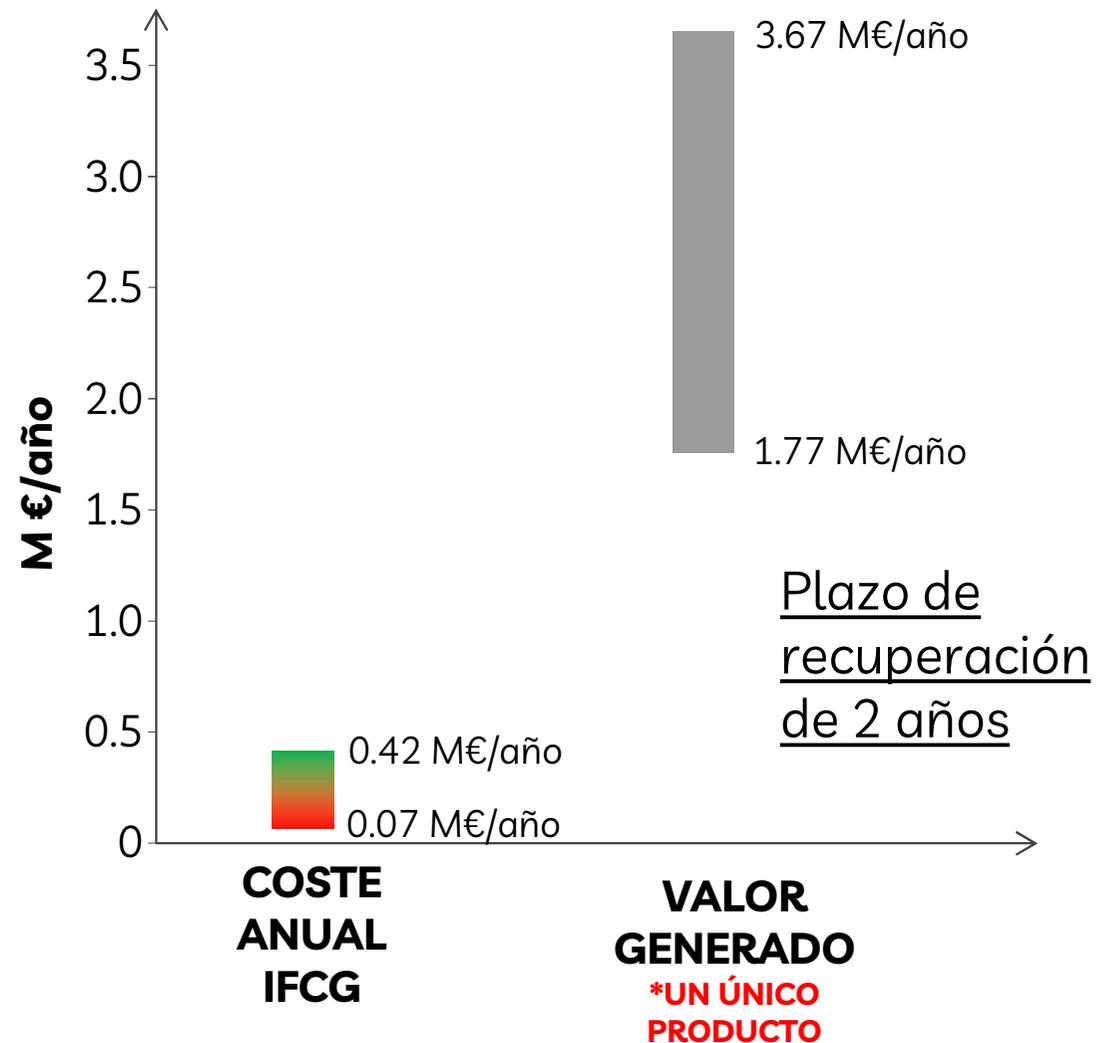
- 1) - 22 % de costes no operativos (procesado de datos, control de calidad, generación de informes, elaboración de cartografía, etc...)
- Ciclo de 8 años entre vuelos PNOA LiDAR



FUENTE: Lapalainen & Minna (2022) Com. Per. Metsäkeskus

### 2) Valor económico de las estimaciones en Finlandia (M€/año)

	año	
	2010	2023
Total:	22.5	28.4
Inspecciones Admin.:	0.125	0.158



# Inventario Definitivo del IFCG: ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO ECONÓMICO:

## VALOR GENERADO



# Inventario Definitivo del IFCG: ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO ECONÓMICO:

## VALOR GENERADO

USC | Monitorización forestal

Macro

Micro

**Estimacion por superficies afectadas**

Seleccionar Subir archivo

Recorte Parcelas afectadas

**Estrato**

Eucalipto

Coníferas

**ID recinto**

15\_9010019906 15\_9010019821 15\_9010004001 15\_9010020063 15\_9010011383  
15\_9010013176

**Gráfico**

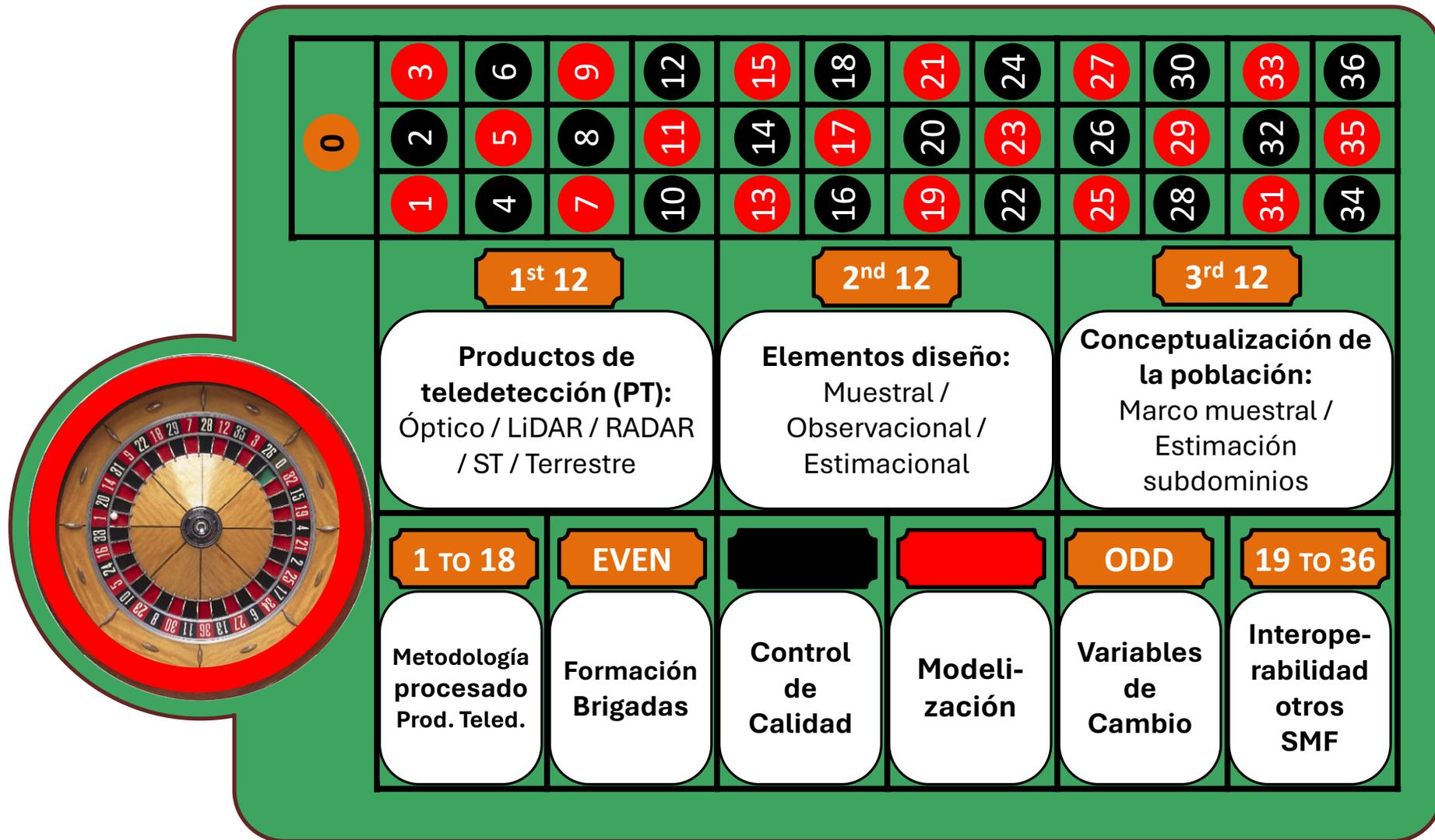
Show 10 entries Search:

ID	Concello	Area (ha)	V (m3)	V (m3/ha)	B (t.m.s)	B (t.m.s/ha)	C (t C)	C (t C/ha)	Altura dominante (m)	
4001	15_9010004001	Cariño	0.87	23.4	27.1	28.4	32.8	28.4	32.8	6.6
11383	15_9010011383	Cariño	1.47	270.1	184.1	202.6	138.1	101.3	69	12.3
13176	15_9010013176	Cariño	0.32	20.9	64.3	15.7	48.2	7.8	24.1	8.9
19821	15_9010019821	Cariño	5.37	894.8	166.8	1083.6	202	1083.6	202	15.9
19906	15_9010019906	Cariño	12.01	2449	203.9	2965.7	246.9	2965.7	246.9	23.4
20064	15_9010020063	Cariño	11.01	1102.8	100.2	827.1	75.1	413.6	37.6	12.1

Showing 1 to 6 of 6 entries Previous 1 Next

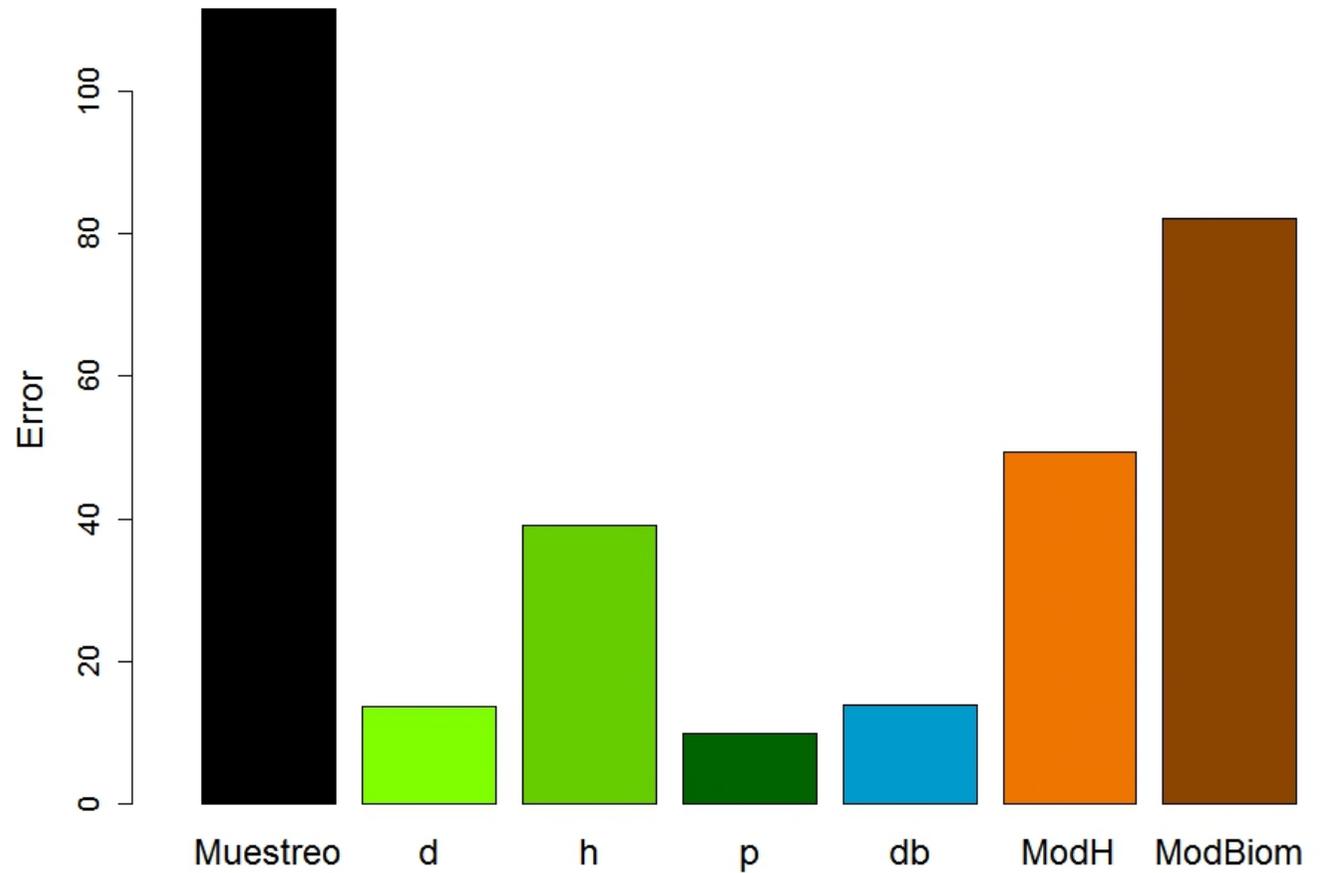
[Descargar](#)

# Modelo de propagación de errores



# Modelo de propagación de errores

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



**¡GRACIAS!**

