

Casos exitosos que integran el mejoramiento genético y la propagación

Por: Rafael De La Torre, PhD



CONFERENCIA
FORESTAL
JUL 13 -14 **2023**

ORGANIZAN



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Valoración Económica Integral de Ganancias en Volumen y Calidad de Madera con Mejoramiento Genético

Creación de valor para los reforestadores

Rafael De La Torre, Ph.D.

Manager, Forest Planning and Analysis - ArborGen

Medellín, 14 de Julio, 2023



Agenda

- **Credenciales de ArborGen**
- **Mejoramiento de árboles, genética forestal, y viveros**
- **Desarrollo de productos / Genética y genómica**
- Creación de valor para los reforestadores
- Determinantes de los rendimientos financieros de la inversión en bosques comerciales:
 - ✓ Crecimiento biológico
 - ✓ **Ganancia genética en volumen y calidad de madera**
 - ✓ Precios de la madera
 - ✓ Apreciación de la tierra
 - ✓ Créditos de carbono

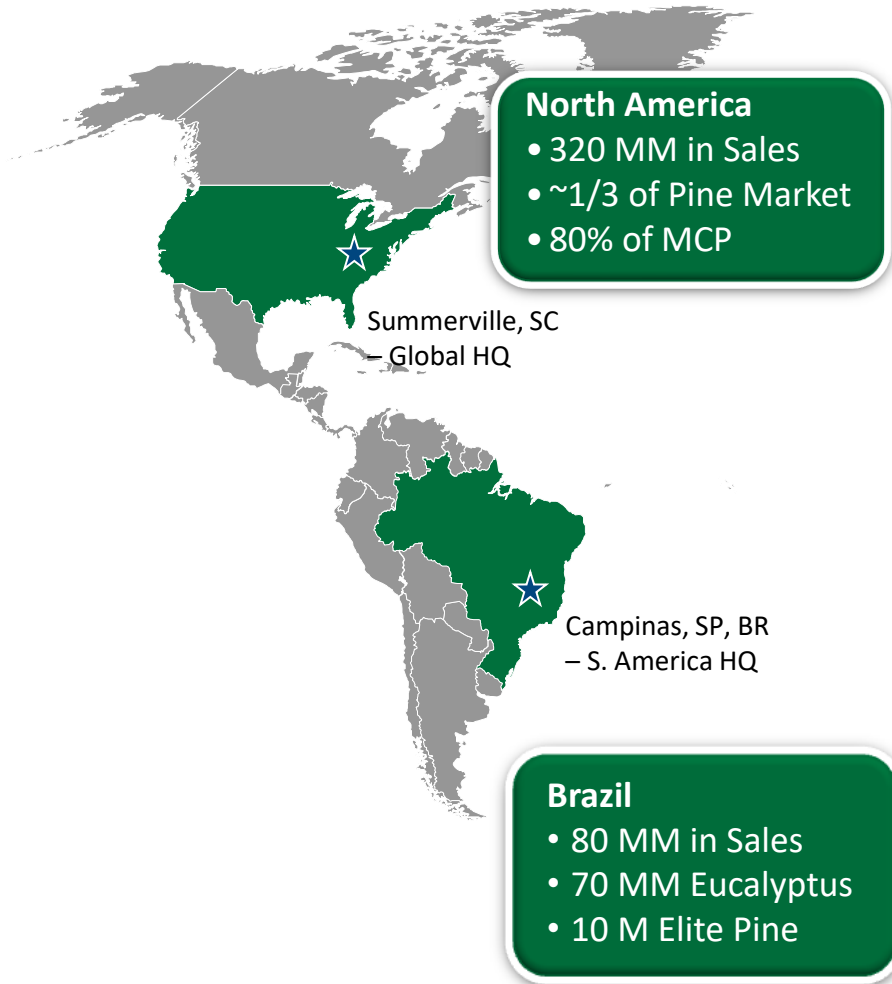
Acreditación: líder en germoplasma y tecnología avanzada para plantaciones comerciales de pino y eucalipto



AG fue fundada en 1999 sobre la base de 100+ años de experiencia combinada en investigación de mejoramiento de árboles con múltiples líderes de la industria

ArborGen –Generalidades

Líder mundial en genética forestal y producción de plántulas (material para plantar 300K+ hectáreas anualmente)



- **Productor líder de plántulas con 400 millones de árboles por año**
- **Operación Global**
 - Sur de EE. UU.
 - Brasil
- **Proporciona ganancias excelentes en la productividad de los árboles**
 - Crecimiento más rápido
 - Mayor cantidad de trozas para aserrío y calidad de la madera
 - Resistencia a enfermedades
 - Alta producción de biomasa



**¿De dónde
vienen las
semillas de
estas
plántulas?**



Familia de *Pinus taeda*: OP 7-56 →

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

MISCELLANEOUS PUBLICATION No. 50

WASHINGTON, D. C.

SEPTEMBER, 1929

VOLUME, YIELD, AND STAND TABLES FOR SECOND-GROWTH SOUTHERN PINES

Prepared by Office of Forest Experiment Stations, Forest Service,
and Cooperating Agencies

CONTENTS

	Page
Introduction.....	2
Application of volume tables.....	3
Correction for local use.....	3
Correction of volume tables for different limits of utilization.....	4
Application of yield tables.....	5
Determination or identification of site.....	5
Correction of yield tables for local use.....	11
Correction of yield tables for different limits of utilization.....	11
Determination of normality and prediction of future yields.....	12
Application of stand tables.....	14
Definition and explanation of terms used.....	15
General terms.....	15
Log rules.....	16
Type of stand.....	16
Volume tables.....	19
Normal yield tables.....	51
Stand tables.....	181
Miscellaneous tables.....	189

INTRODUCTION

The volume, yield, and stand tables presented in this publication have been worked up from data gathered in a region-wide study of the rate of growth of the principal southern pines. Funds for beginning this study were furnished by the Southern Pine Association, of New Orleans, La., through the National Research Council. Plans for the study were outlined by Raphael Zon, of the National Research Council, and the Forest Service.

TREE SELECTION FORM

1-56
1-R-56

Tract Name Ferdon (Green)
Deed No. 95-8 Map No. 25
State S.C. County WMS'BURG
Location (Exact) Proceed North on Hwy #41 out of Andrews to Woods Road just South of S.A.H.R.R. crossing - turn left - proceed along Woods road to blue painted trees on the left and follow blue paint marks to Superior tree which is marked with a double band of blue paint at DBH and a single band on the stump.

SELECTED TREE - SPECIES LOBLOLLY
HT. 90 DBH 16.3 F.C. 72 AGE 34 VOL. _____

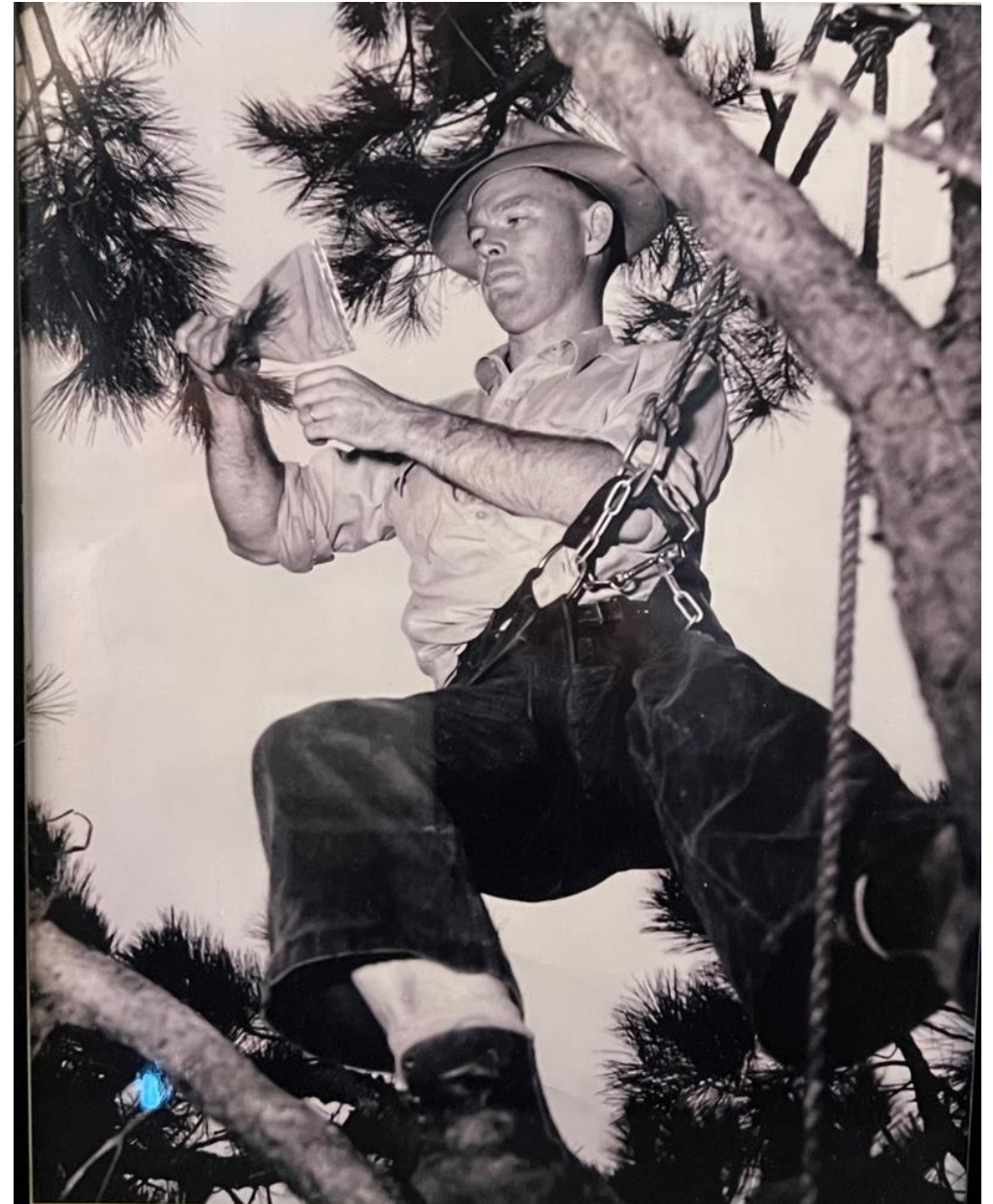
5 NEAREST CROP TREES

	HT.	DBH	F.C.	AGE	VOL
1	71	15.6	63	48	3
2	83	17.2	64	49	1
3	78	15.3	66	45	5
4	87	17.5	67	55	2
5	87	18.3	67	62	2
Total	406	83.9	327	299	
Avg.	81	16.8	65	59 2/3	

Remarks (Circle One)

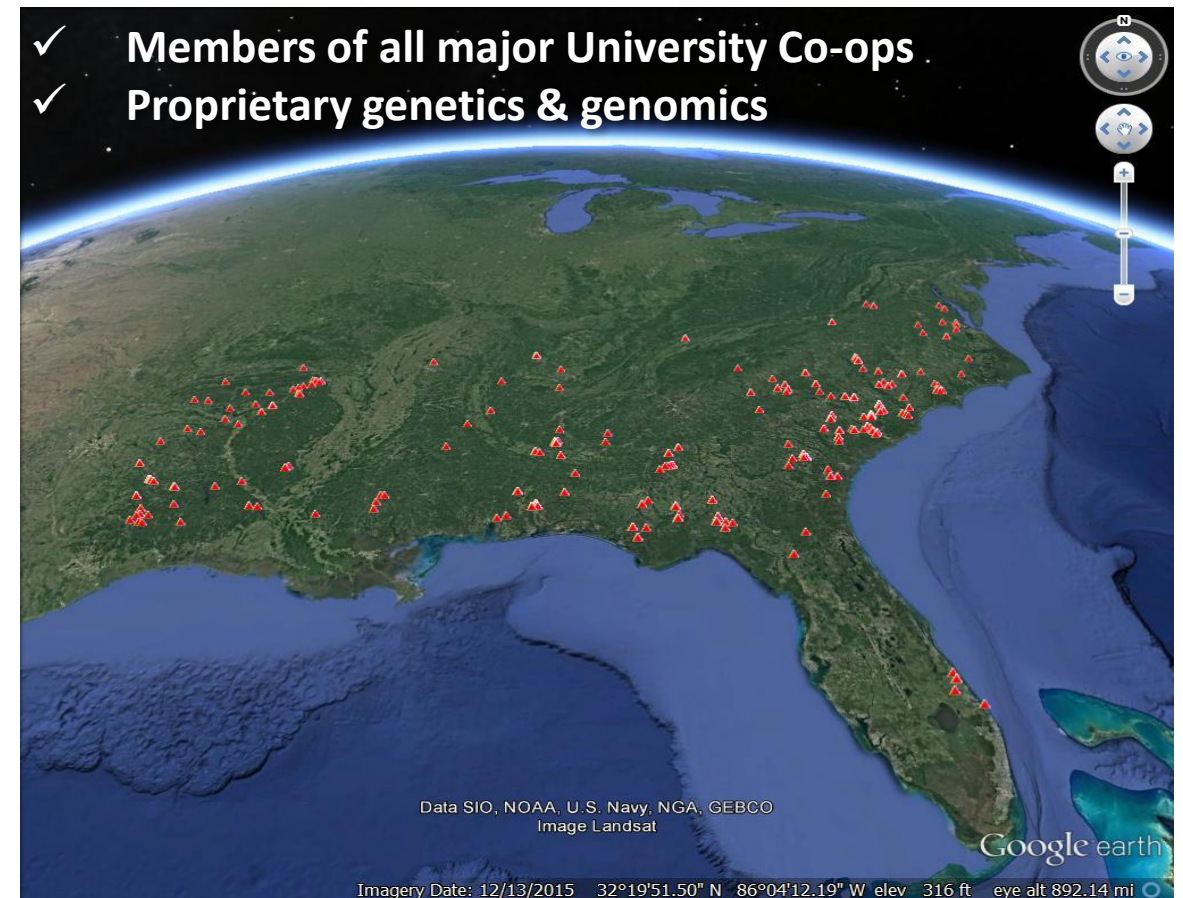
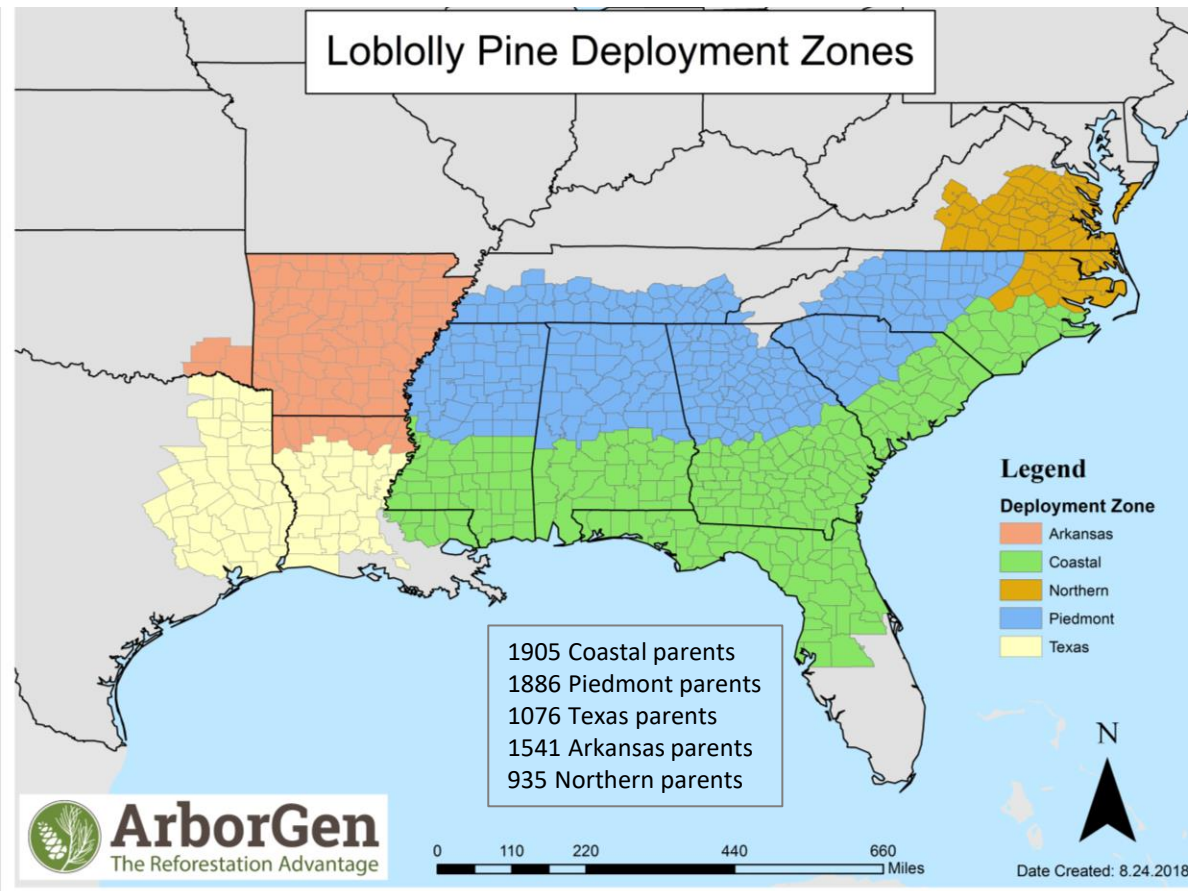
- Form? Pole, Sawlogs
- Natural Stand? Thinned, Unthinned
- Evidence of Disease in Selected Tree?
Yes, No
- Crown Size? Smaller, Average, Larger
- Other WELL PRUNED & HORIZONTAL BRANCHING

Forester P. D. Campbell Date 10/25/56



Tecnología en la asignación de plántulas en función del clima y regiones fisiográficas

800+ ensayos de campo activos



¿Por qué analizamos los valores genéticos?

- **Si entro a un rodal forestal y selecciono un árbol “bonito”**
 - ✓ La probabilidad de que su progenie (plántulas) sea buena es de alrededor del 20%
- **Si clono un árbol, lo planto en pruebas, selecciono sobre el rendimiento del clon**
 - ✓ La probabilidad de que su progenie sea buena es de alrededor del 60%
- **Si selecciono un árbol, hago cruces y pruebo esos cruces para seleccionar un padre**
 - ✓ La probabilidad de que su progenie sea buena es del 85-99%
- **Es por eso que instalamos ensayos de progenie**
 - ✓ Son un costo y toman tiempo, pero producen datos confiables para hacer selecciones. ¡Siempre estamos buscando una manera de acelerar esto!

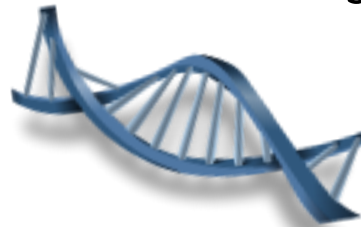
El desarrollo de nuevos productos de pinos se basa en el mejoramiento genético y pruebas



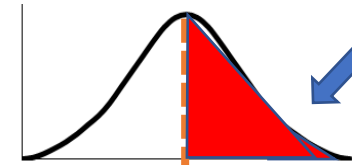
Prueba



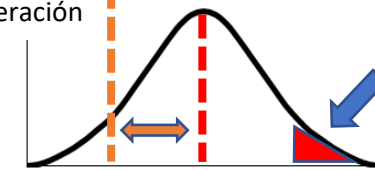
Selección



1ra Generación



2da Generación

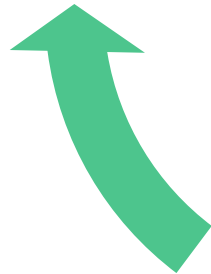


Crecimiento/Rendimiento
Resistencia a enfermedades
forma de fuste

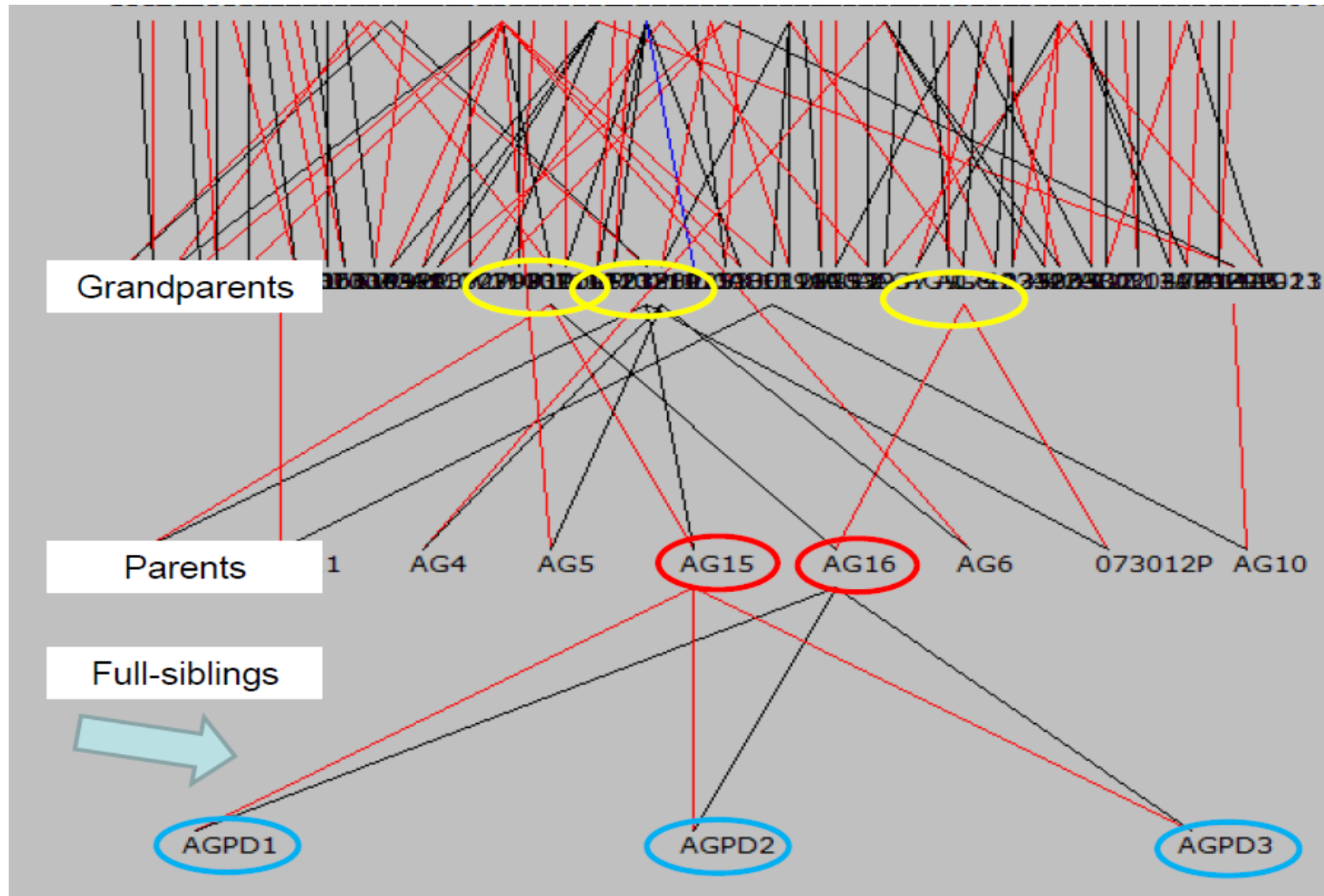
- Calidad de la madera
- Eficiencia de propagación
- Plagas de insectos
- Uso de nutrientes
- Tolerancia al frío/sequía



Mejoramiento

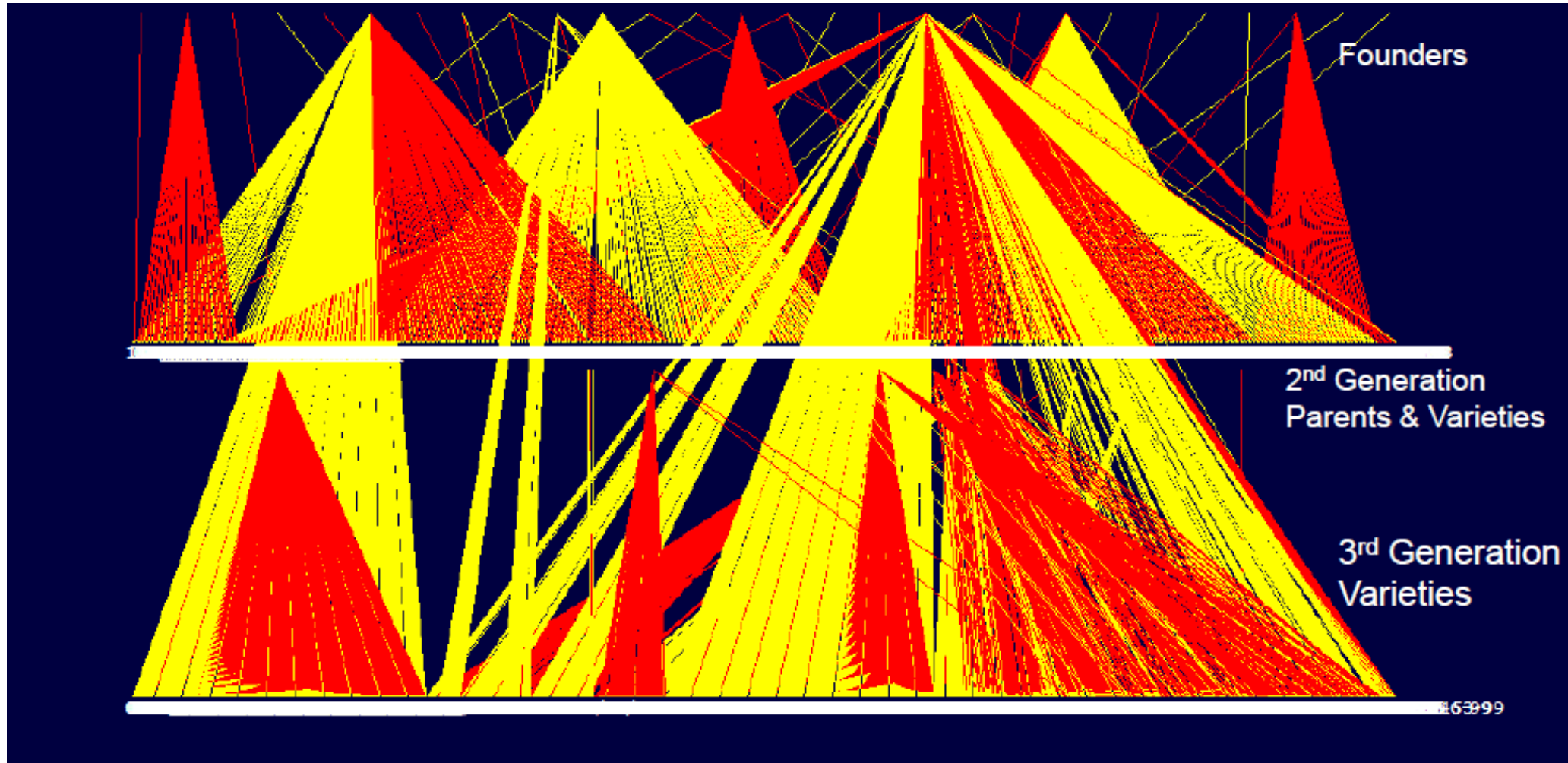


Administrar pedigrías puede ser complicado



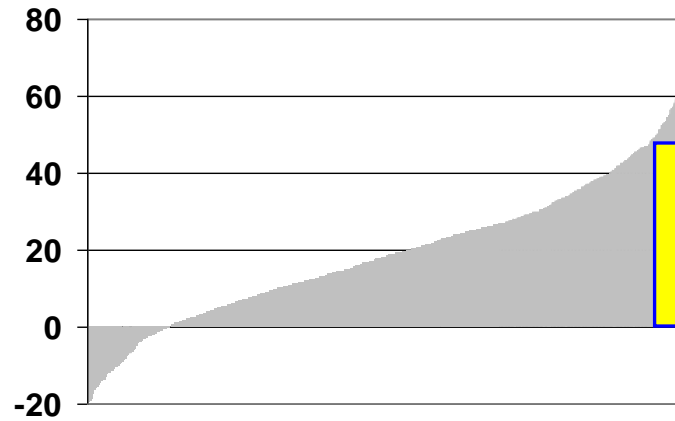
63 cruces utilizados en 9 series de ensayos

¡Pedigrí de la punta del iceberg!

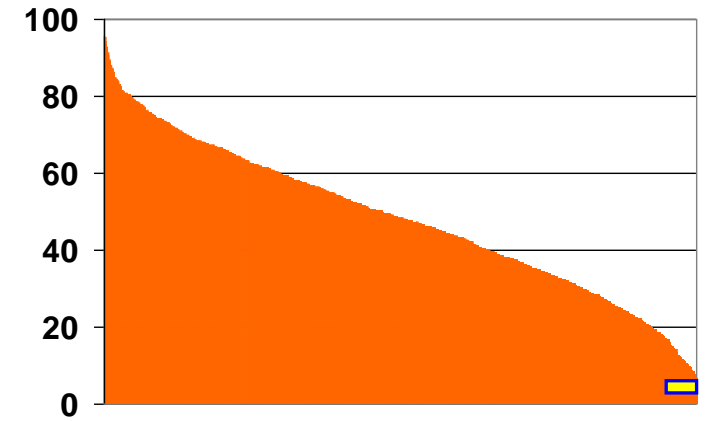


AG-89 Poderoso padre candidato para la producción de MCP

Distribución de clasificación para padres de la región costera

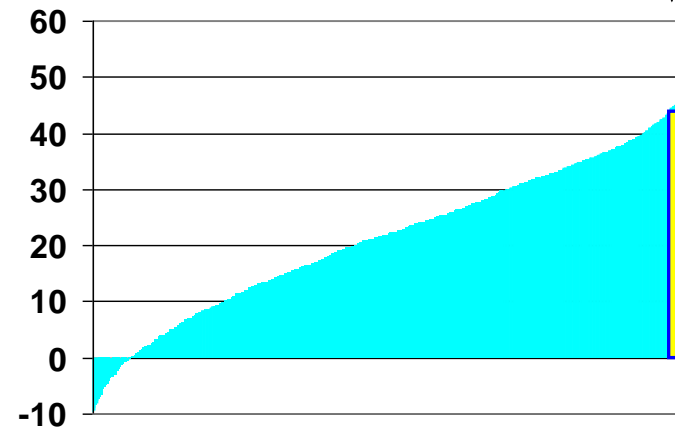


Volume Gain %

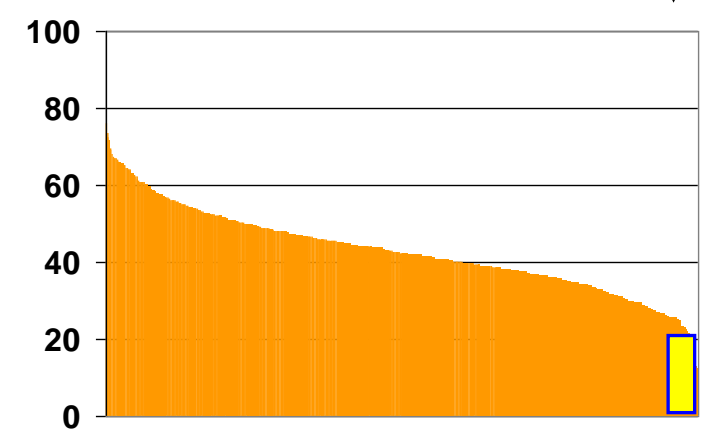


Rust Infection Rate

AG-89

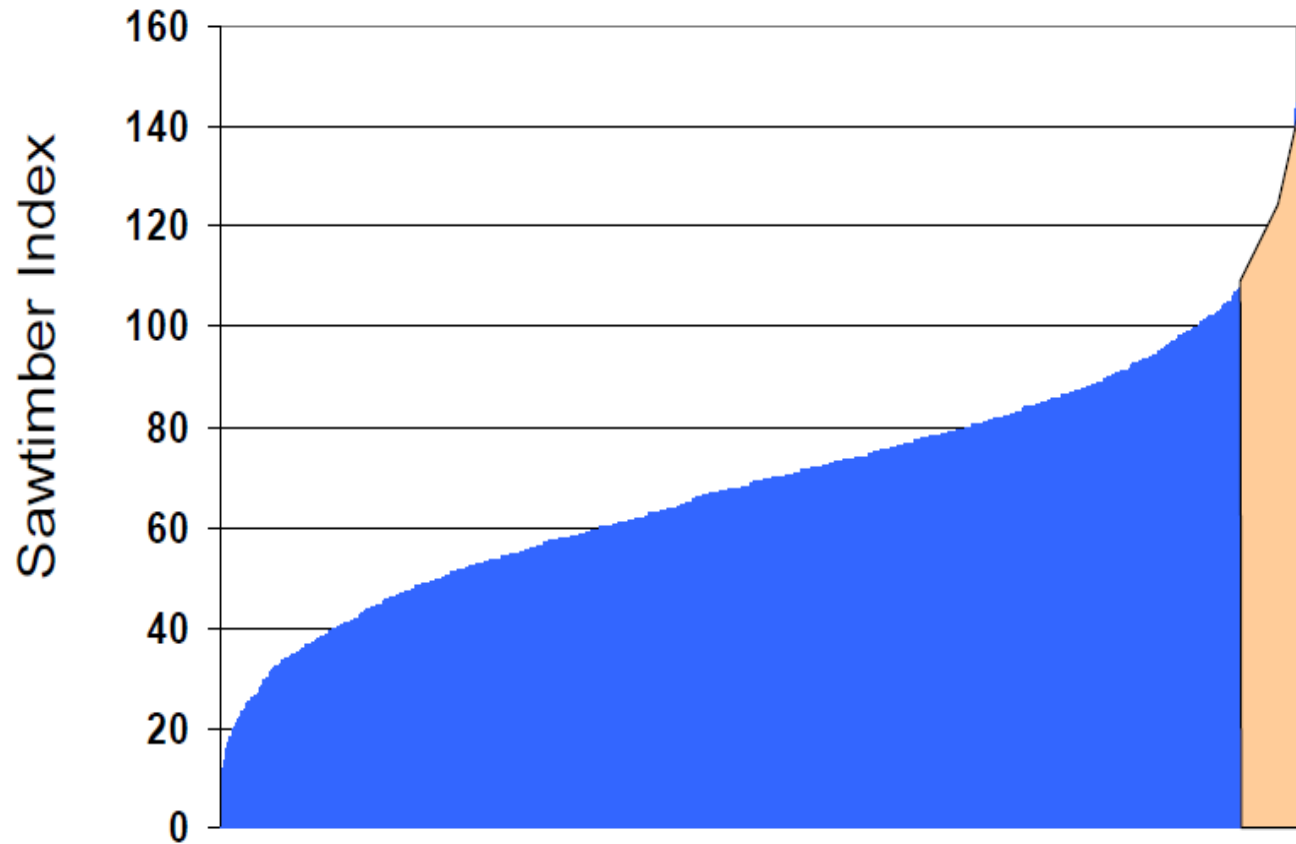


Straightness Gain



Fork Rate

¿Cómo elegimos las mejores cruces?



El 5% superior (70 padres)



2,415 familias de hermanos completos formadas



~300.000 plántulas de prueba



800+ ac en estudios (325 hectáreas)

El enfoque sencillo: hacer todos los cruces posibles y probar los resultados. Esta estrategia requiere décadas de trabajo...

Índice para seleccionar los mejores padres

- Tasa de crecimiento: 50%
- Resistencia a la roya: 20%
- Rectitud del fuste: 20%
- Bifurcación: 10%

$$\text{Índice} = \text{Volumen} * 0.5 + \text{Roya} * 0.2 + \text{STRT} * 0.2 + \text{Bifurcación} * 0.10$$

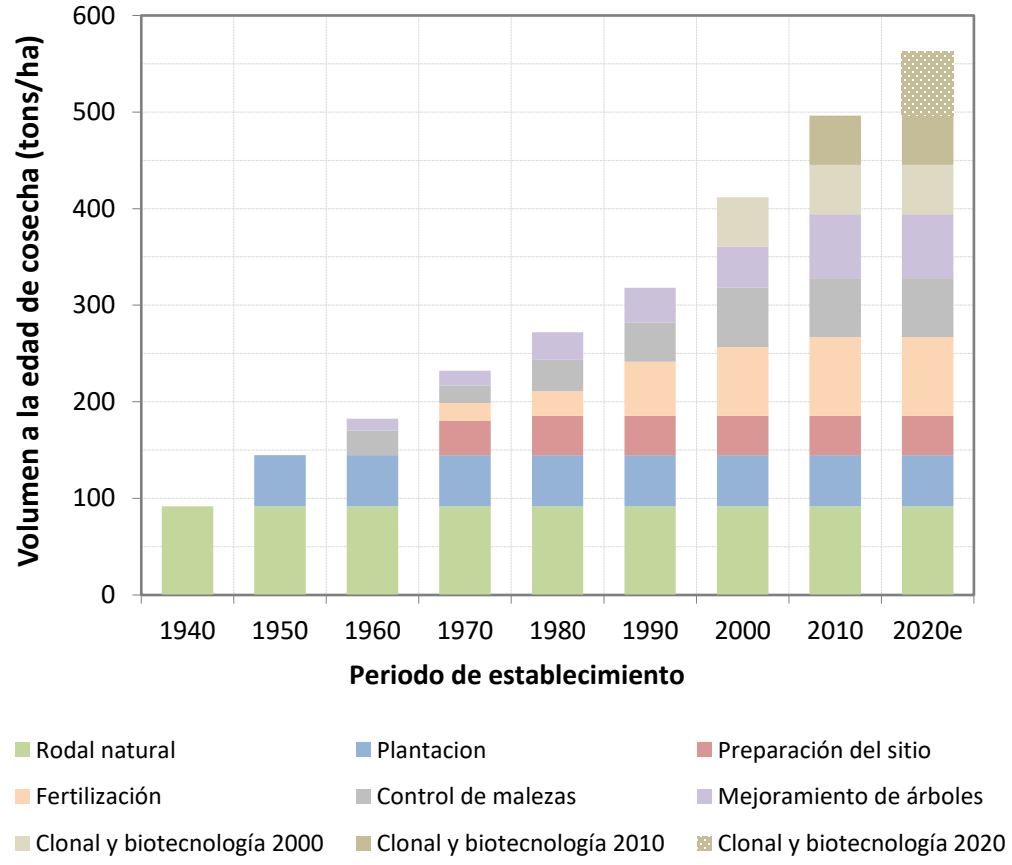
- Los mejores padres se cultivan juntos y se prueban en el campo para determinar si el cruce es lo suficientemente bueno para ser MCP

Definición de productos

Producto	Beneficios para los reforestadores
OP Advanced	11-25% desempeño superior registrado en los BVs de las cooperativas
OP Select	4-11% desempeño superior registrado en los BVs de las cooperativas
OP Elite	4% desempeño superior registrado en los BVs de las cooperativas Valor agregado: % más alto de madera aserrada disponible en OP
MCP-A	Ganancia en volumen del 5% sobre la media de OP Elite para la región Mínimo estándar en atributos de calidad
MCP-S	Ganancia en volumen del 10-15% sobre la media de OP Elite para la región Mínimo estándar en atributos de calidad
MCP-E	Ganancia de volumen del 20-25% sobre la media de OP Elite para la región Mínimo estándar en atributos de calidad
MCP 2.0	Ganancia de volumen del 30-35% sobre la media de OP Elite para la región Mínimo estándar en atributos de calidad
Varietal	Ganancia de volumen comparable o mayor que el MCP mejor calificado Los más altos estándares en atributos de calidad

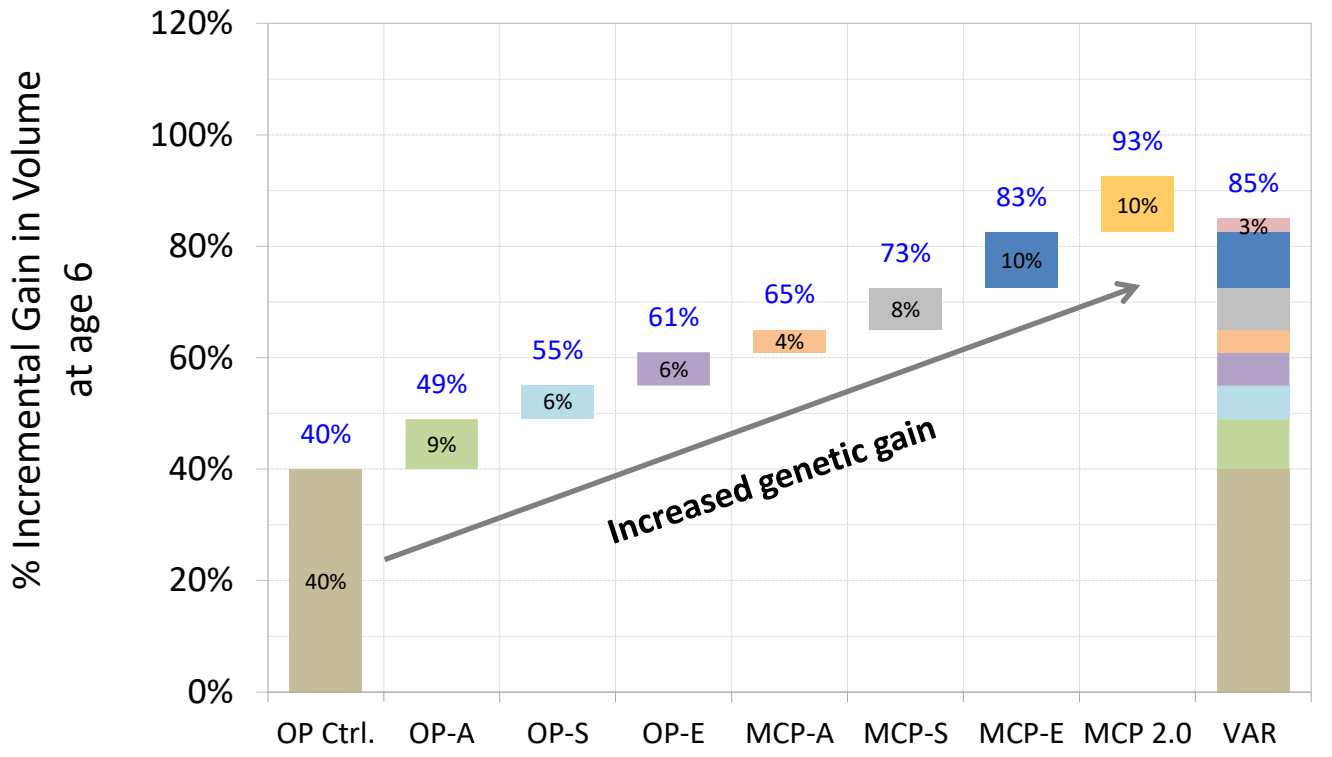
Rendimiento histórico en coníferas

Factores genéticos y ambientales son determinantes en ganancias de productividad



Ascenso en la escalera genética

Región: LCP¹



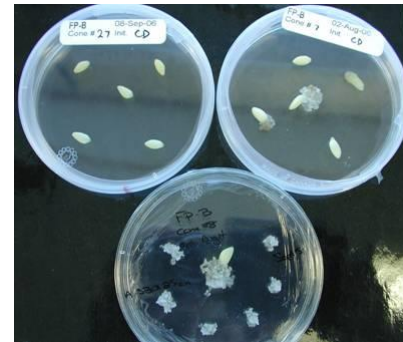
¹ 2022 Product volume gains compared to regional check lots

Adapted from Fox, T.R., E.J. Jokela, and H.L. Allen 2004. The Evolution of Pine Plantation Silviculture in the Southern United States

Productos de ArborGen con Genética Avanzada: OP, MCP® y VAR



+



Actualmente hay tres categorías principales de propagación genética superior

Polinización abierta

OP Advanced,
Select & Elite

- Plántulas producidas de la mejor madre y fertilizada con polen de un árbol padre desconocido

Productos
genéticos
élites o
superiores

Polinización masiva controlada

MCP®

MCP-A
MCP-S
MCP-E

MCP 2.0
MCP ...

- Plántulas producidas de la mejor madre y padre.
- ArborGen tiene la producción de MCP más avanzada y probada de la industria

Variedades/clones

Varieties
1, 2, 3, 4....

- Múltiples copias de las mejores plántulas de MCP, seleccionadas de extensos ensayos
- Con la adquisición de CellFor, ArborGen es la única empresa del mundo con la capacidad de producir variedades a gran escala

Avance genético a través del mejoramiento

Atributos de interés



Crecimiento

Tons-m³/ha



Resistencia a la roya



Rectitud del fuste



Reducción de defectos

Características que afectan la calidad de la madera y forma del árbol determinan el producto: madera para pulpa o madera para aserrío

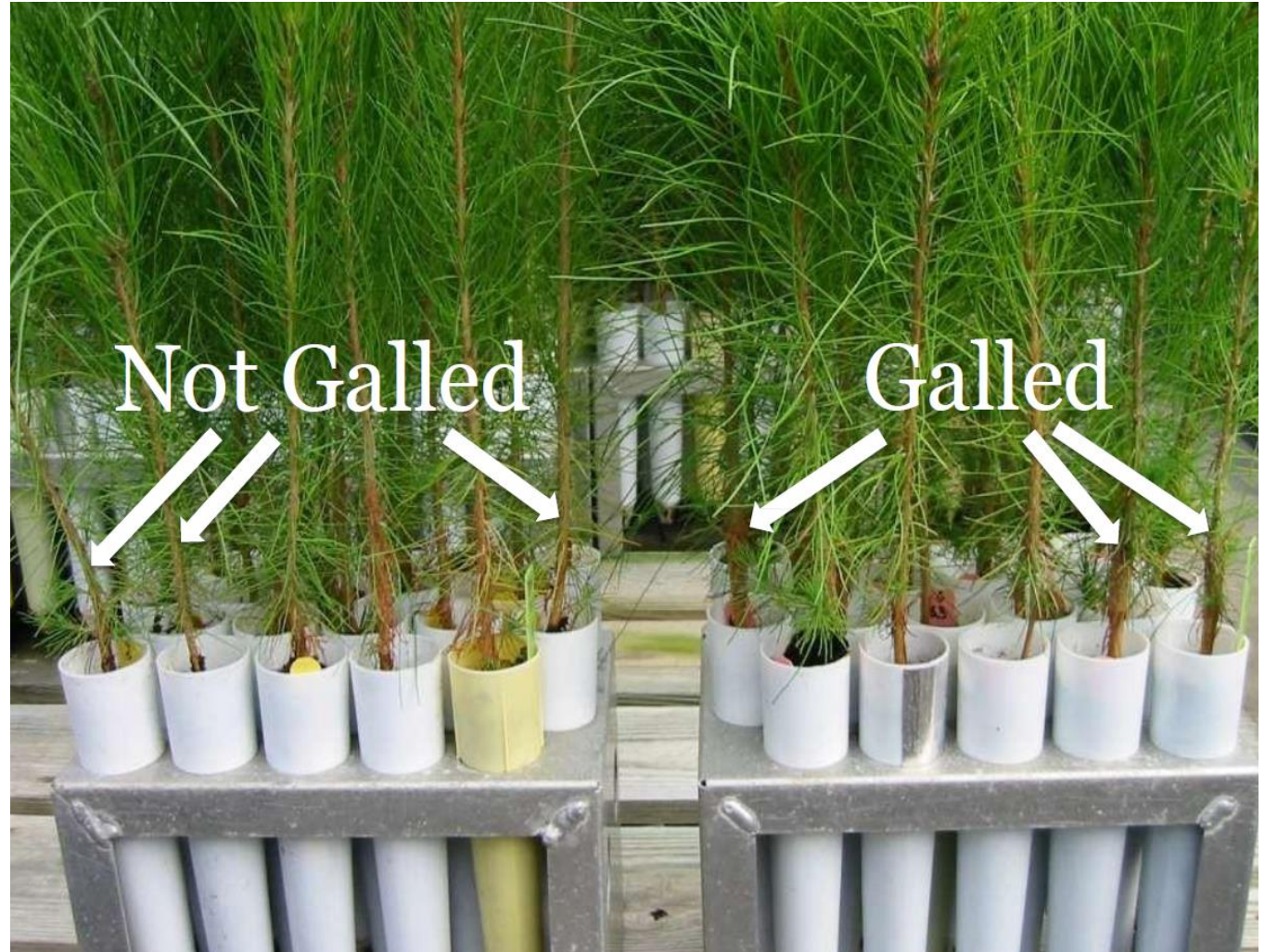
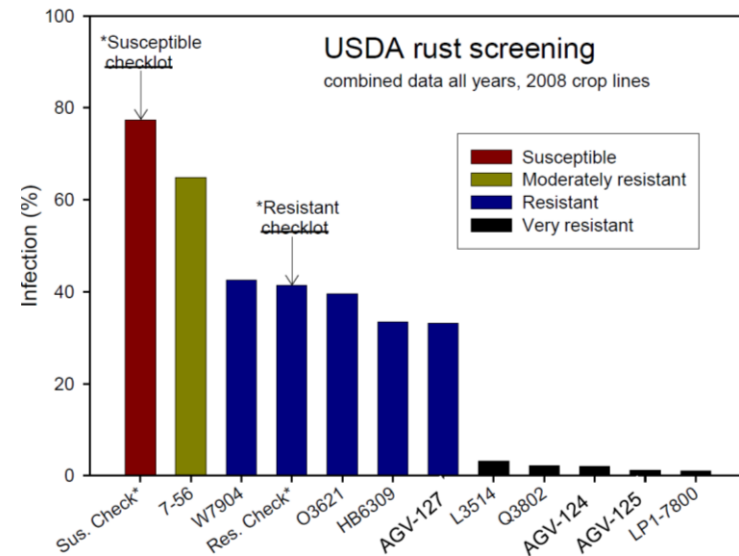
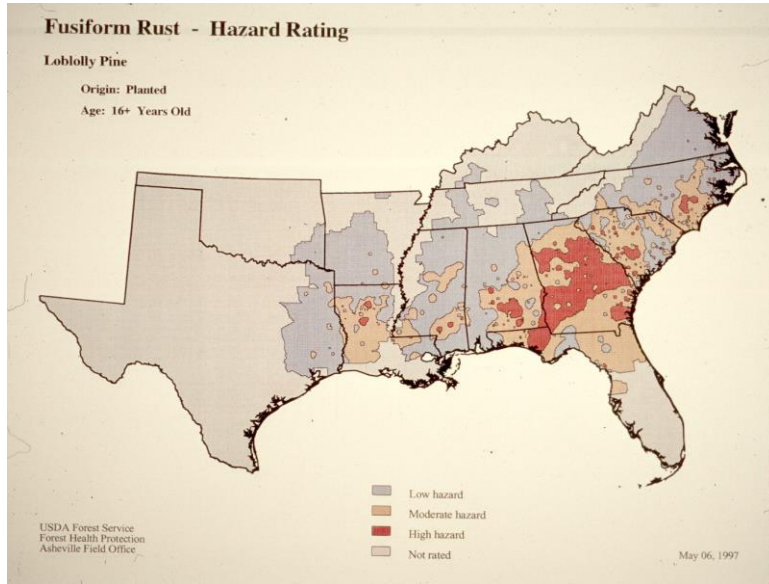
Centro de detección de resistencia a enfermedades USDA - Asheville, N.C.

Inoculación con esporas de roya en plántulas jóvenes

- Roya / Cronartium
- Cancro resinoso de los pinos
- Aumento de las cargas de esporas
- Inóculo disponible en varias regiones del sur para SYP



Centro de detección de resistencia a enfermedades



Desarrollo del mejoramiento genético de pino



- Selección de árboles
- Pruebas de progenie
- Valores genéticos
- Modelado genómico
- Semilla de investigación
- Bancos de clones
- Co-op. de mejoramiento

- Parcelas demostrativas en filas y bloques
- Detección de enfermedades
- Calidad de la madera
- Calidad del fuste

- Clasificación de productos
- Asignación, distribución y entrega de los arbolitos
- Análisis de valor/prescripción
- Soporte de ventas y mercadeo
- Información de la familia

Cronología para comercializar nuevas selecciones genéticas



12 años

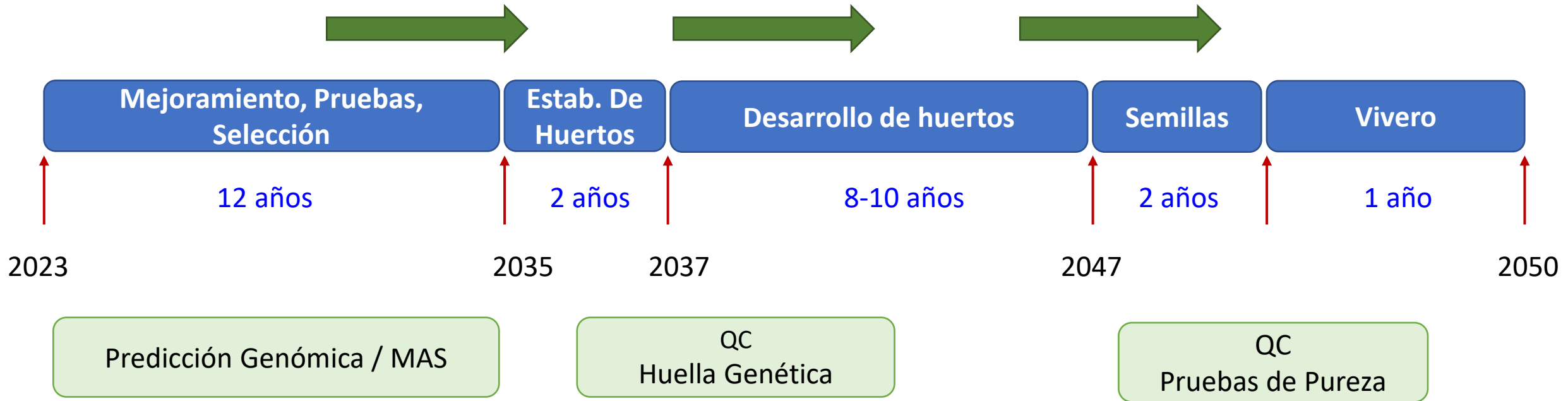
2 años

8-10 años

2 años

1 año

¿Por qué debería importarnos la genómica?



MAS: Marker-assisted selection

- Ciclo de mejoramiento: 12+ años
- Producción de semillas: 8-10 años
- Desarrollo de semillas después de la polinización: 2 años
- Vida útil del huerto semillero: 25-30 años
- Rotación de cultivos: 25 años

La resistencia a enfermedades es un ejemplo

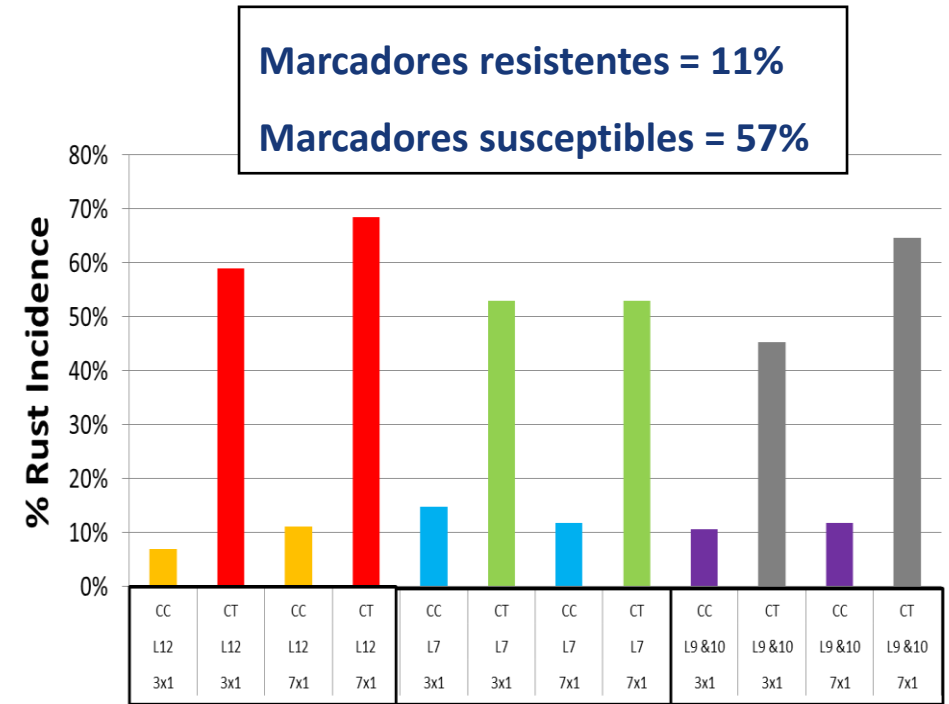
La variación de la secuencia de ADN se puede vincular a características de rendimiento de madera

Se han encontrado marcadores de ADN únicos de gran efecto para la resistencia a la roya.

Fenotipos evaluados



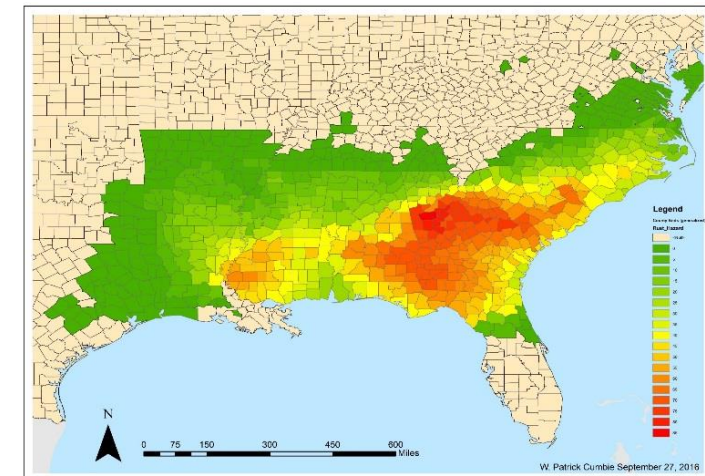
Tecnología con gran potencial de aplicación en el SE USA



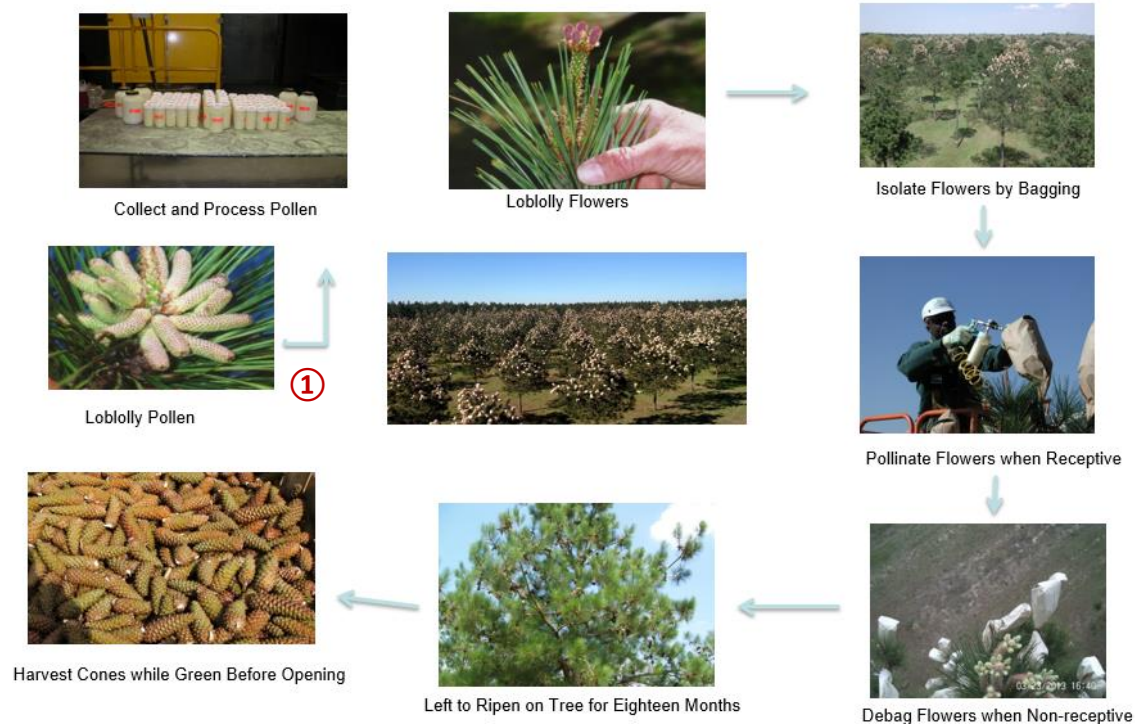
Coastal South Carolina

Lower Gulf Coastal Plain

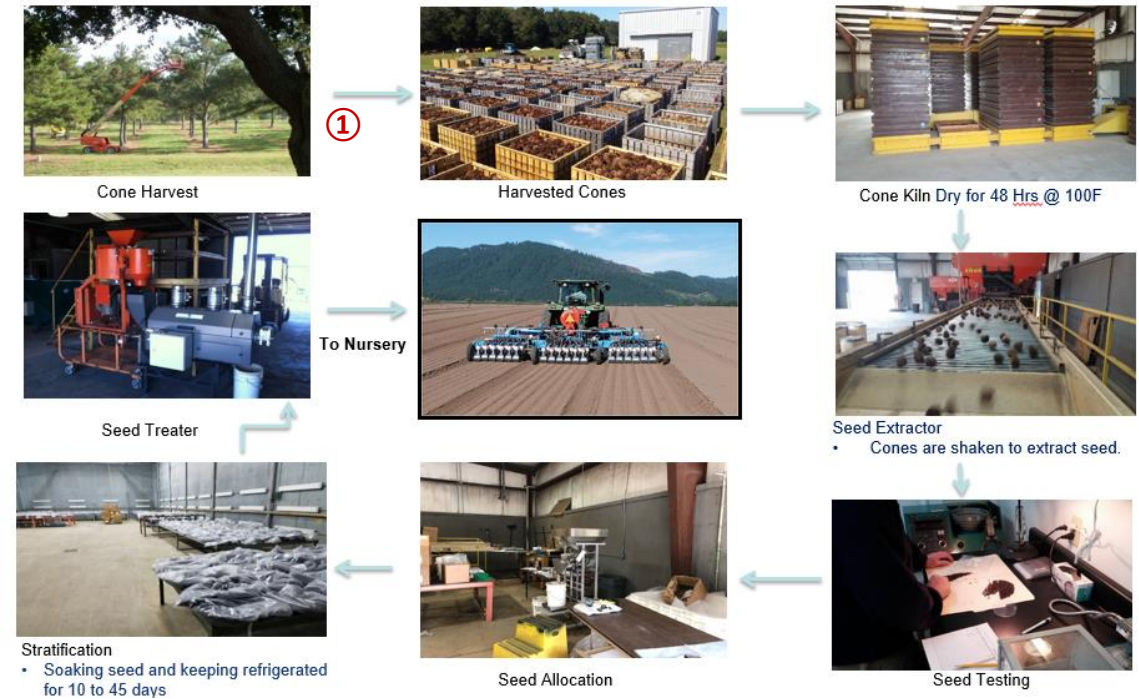
S Georgia/ N Florida



Proceso MCP



Proceso de Conos Semillas y Viveros



Metodología de muestreo para rastrear las identificaciones a lo largo de 14+ etapas del proceso

El objetivo principal es tener un valor de pureza (%) para las plántulas en los viveros

Producción de MCP® en Carolina del Sur



Year	Pollination Bags
2016	1,452,616
2017	1,444,707
2018	1,507,919
2019	1,951,641
2020	1,951,870
2021	2,620,000

2021 NCSU Encuesta anual

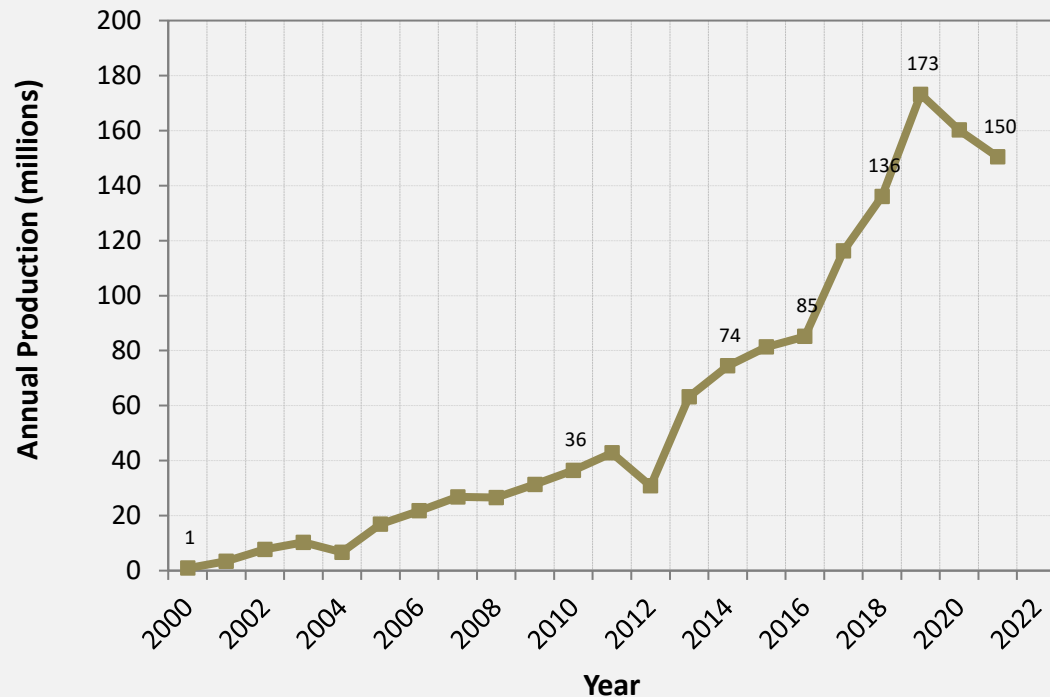
150+ Millones de plántulas producidas en 2020-21

Instalación de bolsas de polinización: **2.62 millones de unidades**

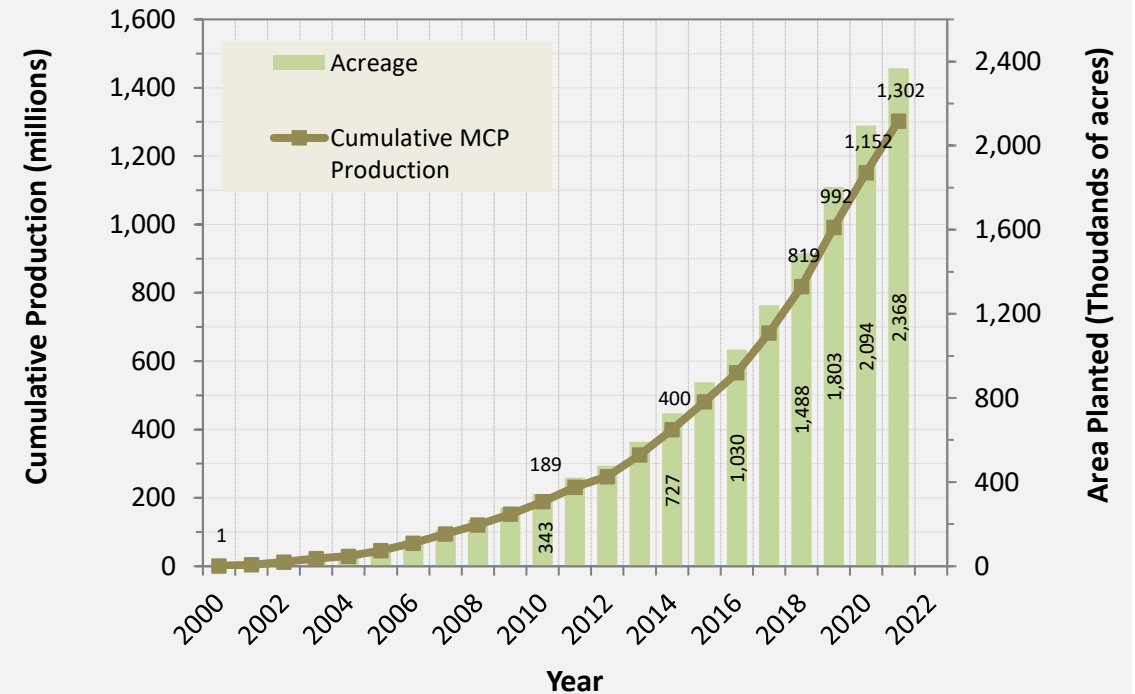
Tasa de adopción de MCP®: 1.3B desde el año 2000 (~1.0 M hectáreas -**2.4 M acres, @ 550 TPA**)

Cerca del 18% del total plantado en pino en 2021

Annual Mass Production of Specific Crosses of Loblolly Pine Seedlings

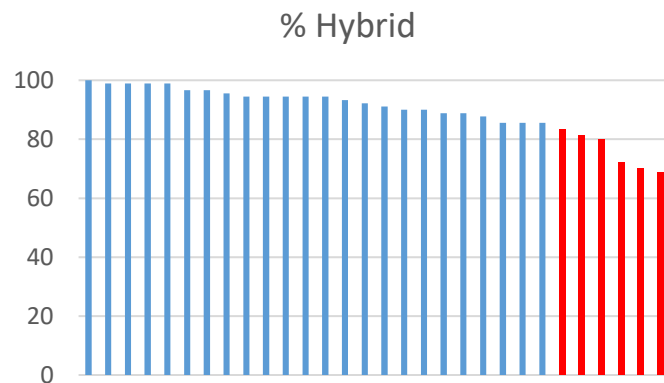


Cumulative Production of Specific Crosses of Loblolly Pine Seedlings (Planted area using 550 TPA)



¿Cómo sabemos que este es el árbol correcto?

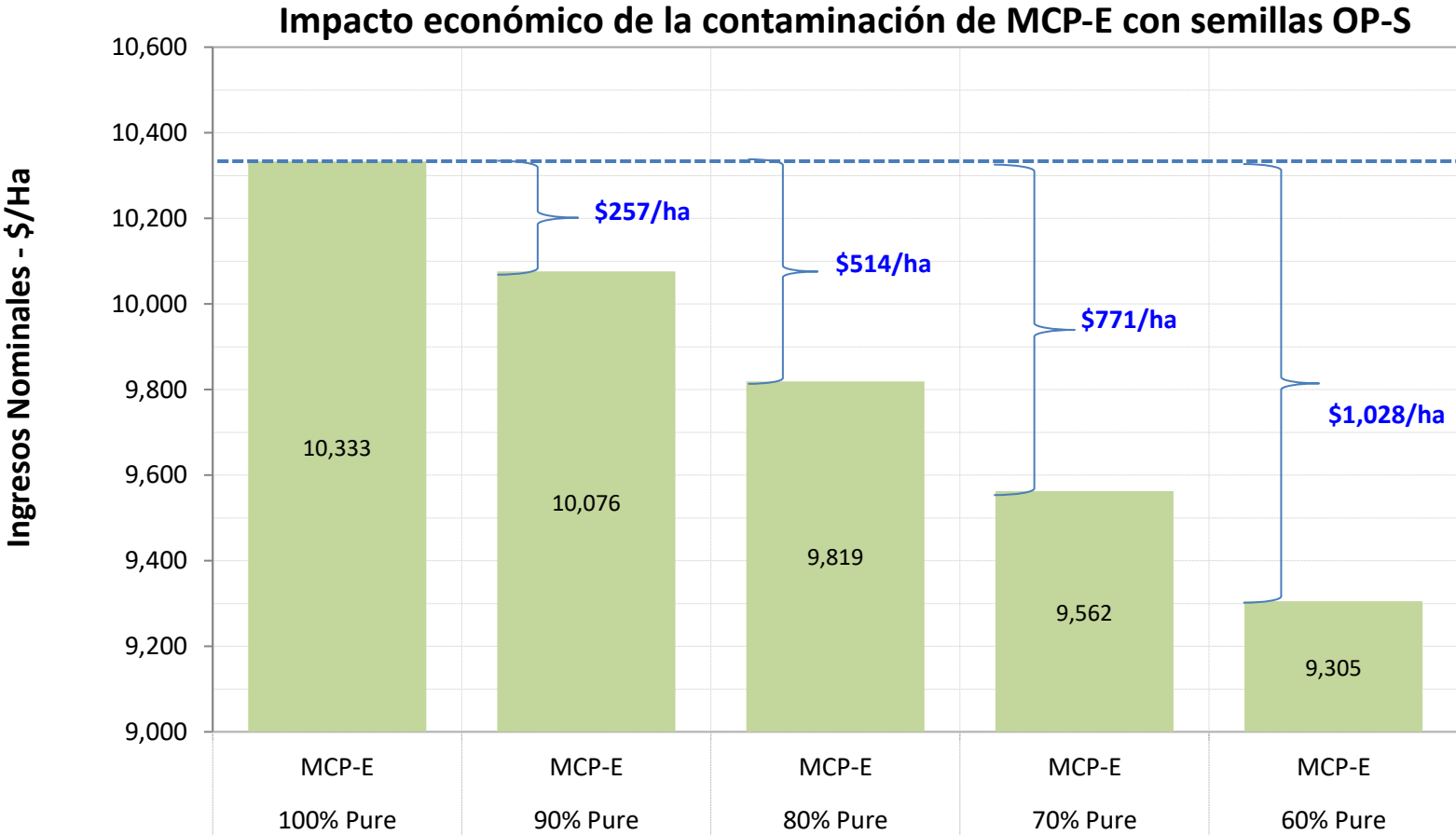
Custodia de cadena del ADN



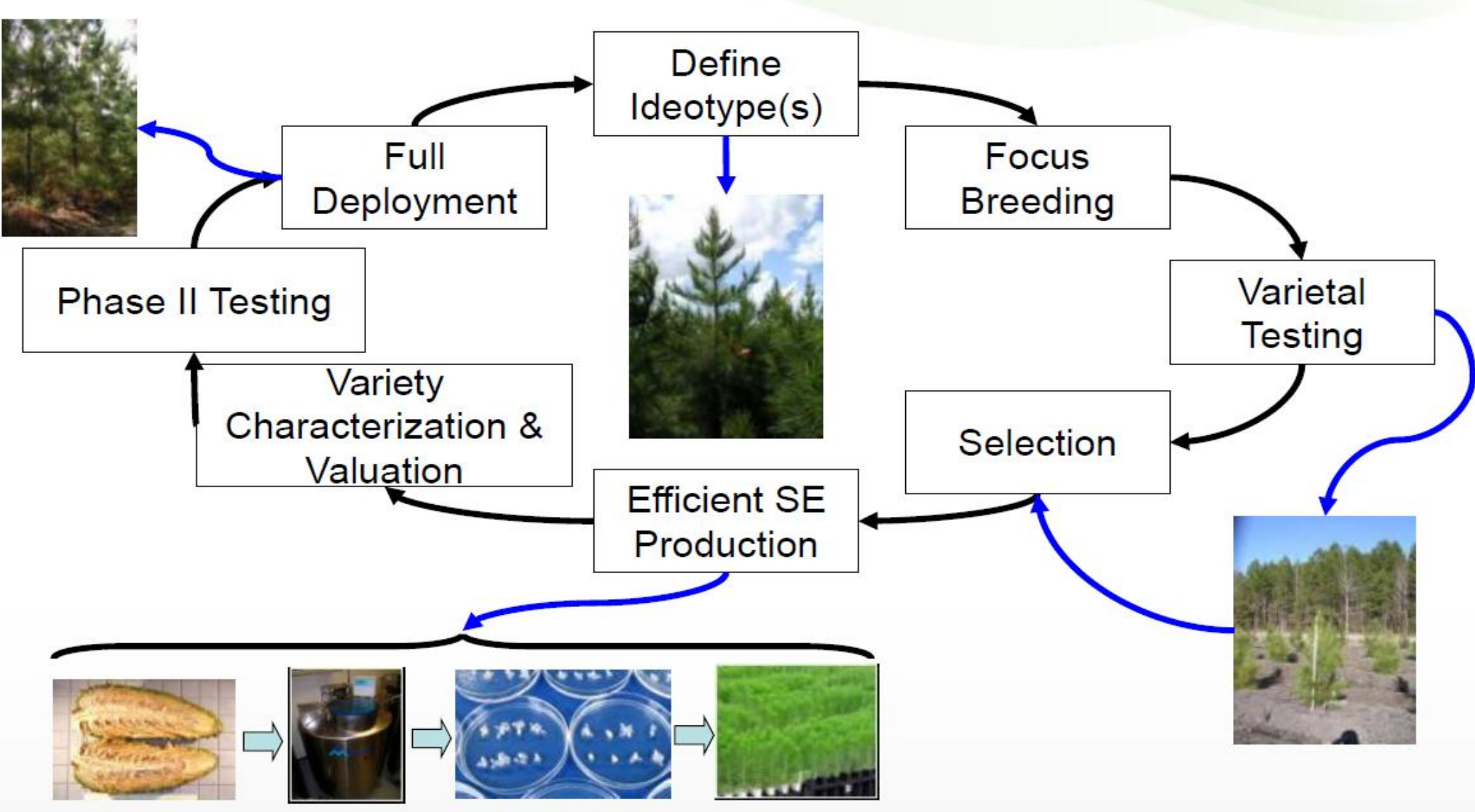
Pureza de un lote de semillas MCP

- Cada rama seleccionada se etiqueta para indicar el padre masculino del cruce
- Los conos MCP se cosechan por separado y con la precisión del etiquetado
- Las plántulas en los cruces también se verifican en busca de marcadores de ADN correctos como parte de nuestro programa de custodia

Reducción de Valor por Contaminación Híbrida del 10 al 40% (LCP Región)



Componentes del programa de variedades/clonal



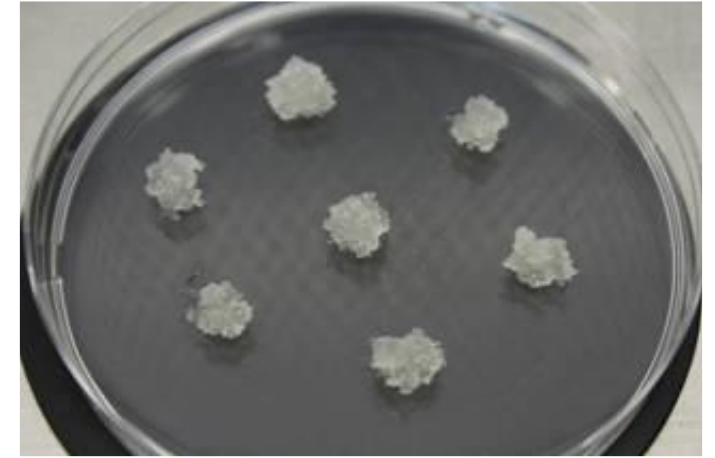
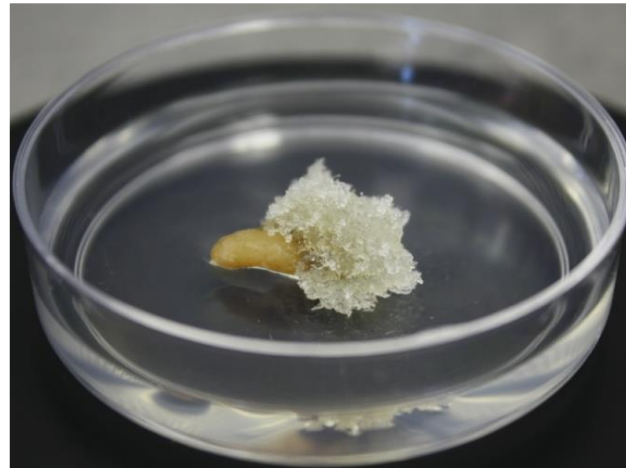
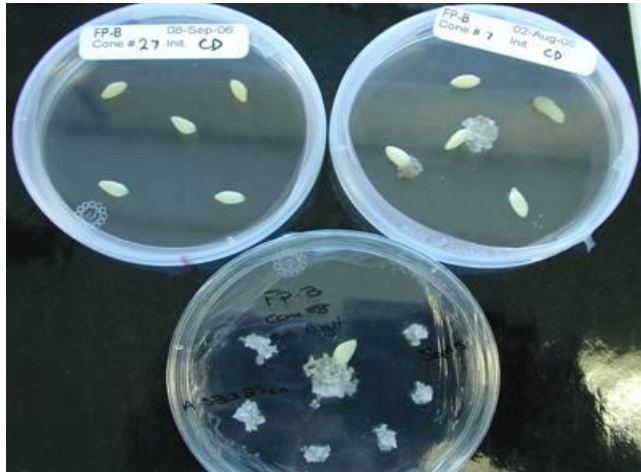
El proceso de laboratorio comienza con un cono verde y semilla inmadura



El embrión joven encapsulado dentro del megagametofito



Tejido embriogénico de la semilla disectada se multiplica y se criopreserva para su almacenamiento a largo plazo



Producción de “miniplugs”



Proceso finalizado en 12 a 18 Meses

Plántulas listas para trasplante

1,000,000 de plántulas CF L-3791 de una sola semilla



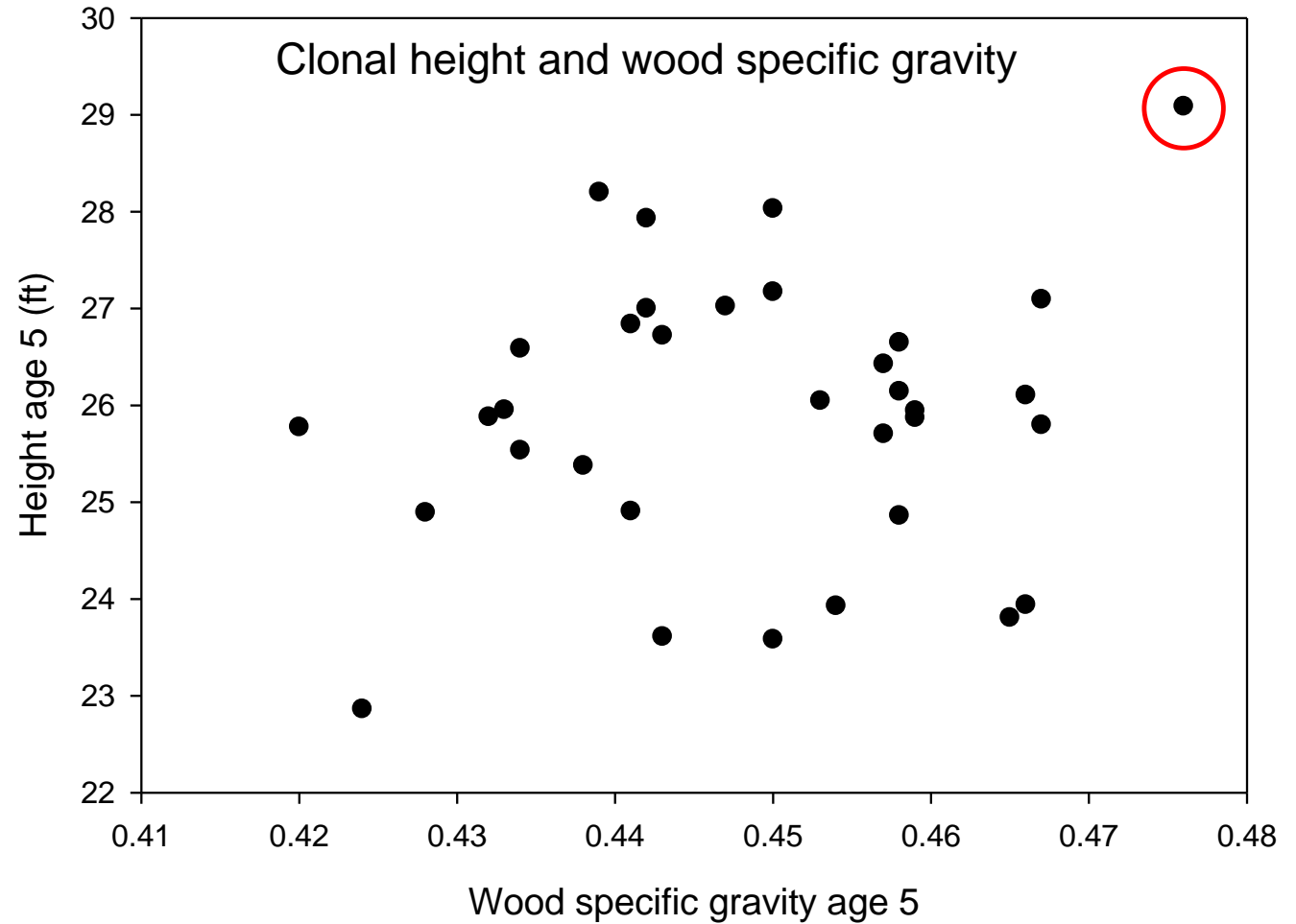
Producción de variedades, 2022



Muestreo para análisis de calidad/densidad de la madera



A nivel de clon se puede tener madera más resistente (mayor gravedad específica) y rápido crecimiento



Produção de Eucalipto em Brasil



ArborGen
The Best Trees. The Best Results.

Materiais Genéticos de Eucalipto Comercializados pela ArborGen

APENAS 1% DE TODAS AS ÁRVORES TESTADAS TRANSFORMA-SE EM UM CLONE ARBORGEN

ÁRVORES UNIFORMES, CRESCIMENTO CONSISTENTE E QUALIDADE MÁXIMO DESEMPENHO

A EMPRESA

CIÊNCIA DE PONTA PRODUZINDO QUALIDADE

A ArborGen é a líder mundial no desenvolvimento e produção de mudas florestais. As mudas ArborGen contêm toda a tecnologia desenvolvida em mais de 50 anos de melhoramento genético de pinus e eucalipto.



OS PRODUTOS

MAIOR PRODUTIVIDADE E CRIAÇÃO DE VALOR PARA PRODUTORES DE MADEIRA

Os materiais genéticos ArborGen são selecionados para maior volume de madeira, resistência a doenças, retidão do tronco e qualidade da madeira para diferentes finalidades. Com uma silvicultura adequada, o produtor pode agregar ganhos diretos no produto final, tais como: Celulose e Papel: maior produção em toneladas de celulose/ha; Produção de Carvão: maior produção de carvão em toneladas/ha; Geração de Energia: maior poder calorífico/ha; Serraria: desbastes precoces, maior volume de toras/ha, melhor aproveitamento das toras na serraria.

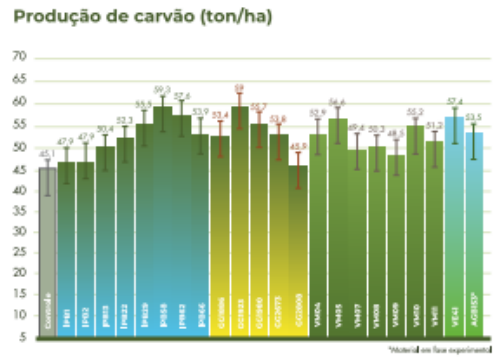
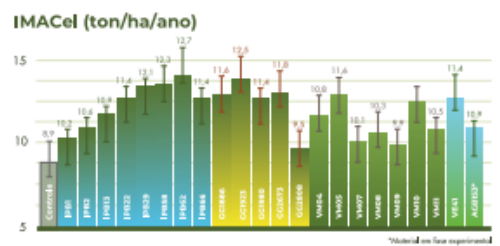
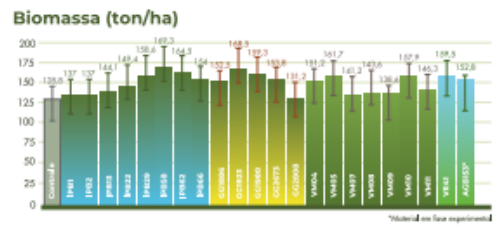
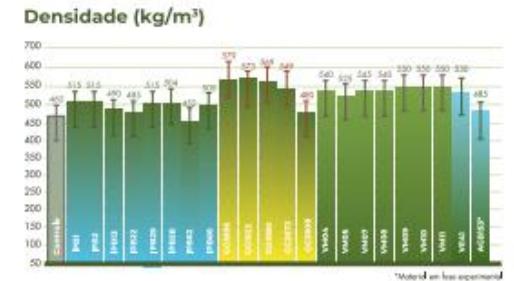
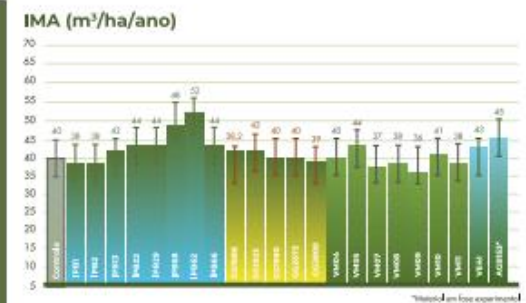


Tabela de doenças

CLONE	ERWINIA	RALSTONIA	CERATOCYSTIS
IB44	SUSCETIVEL	RESISTENTE	RESISTENTE
IB1	RESISTENTE	SUSCETIVEL	SUSCETIVEL
IB2	ALTAMENTE SUSCETIVEL	SUSCETIVEL	SUSCETIVEL
IB13	RESISTENTE	SUSCETIVEL	RESISTENTE
IB22	ALTAMENTE SUSCETIVEL	ALTAMENTE SUSCETIVEL	ALTAMENTE SUSCETIVEL
IB29	SUSCETIVEL	RESISTENTE	SUSCETIVEL
IB58	ALTAMENTE RESISTENTE	RESISTENTE	RESISTENTE
IB62	RESISTENTE	SUSCETIVEL	SUSCETIVEL
IB66	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE
GG1886	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE
GG1923	SUSCETIVEL	SUSCETIVEL	ALTAMENTE SUSCETIVEL
GG1980	SUSCETIVEL	ALTAMENTE SUSCETIVEL	SUSCETIVEL
GG2673	ALTAMENTE RESISTENTE	ALTAMENTE RESISTENTE	ALTAMENTE SUSCETIVEL
GG2806	ALTAMENTE SUSCETIVEL	SUSCETIVEL	RESISTENTE
VM4	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE	RESISTENTE
VM5	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE	RESISTENTE
VM7	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE	RESISTENTE
VM8	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE	RESISTENTE
VM9	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE	RESISTENTE
VM10	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE	RESISTENTE
VM11	EM ANÁLISE	EM ANÁLISE	RESISTENTE
VE41	SUSCETIVEL	ALTAMENTE SUSCETIVEL	SUSCETIVEL
AGB153	RESISTENTE	RESISTENTE	SUSCETIVEL

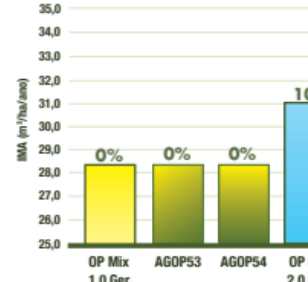


Producción de Pino en Brasil

ARBORGEN BRASIL - MATERIAIS GENÉTICOS *Pinus taeda* RESULTADOS EXPERIMENTAIS



PROJETO ARBORGEN BRASIL M... Ganho em IMA (m³/ha/ano) em rel...



CARACTERIZ...

Material	Grau de melhoramento	Retidão*	Bifur
AGOP53	OP	95%	<
AGOP54	OP	90%	<
AGOP88	OP	90%	<
AGOP89	OP	95%	<
AGOP783	OP	85%	<
AGM37	MCP	90%	<
AGM22	MCP	95%	<
AGV145	Clone	90%	<
AGV146	Clone	90%	<
AGV147	Clone	80%	<

1 - Porcentagem de árvores com retidão apta para...
de galhos em relação ao fuste: Fechados ≤ 45°; M...
galhos no terço médio das árvores nos seguintes...
materiais foram avaliados em diferentes experime...

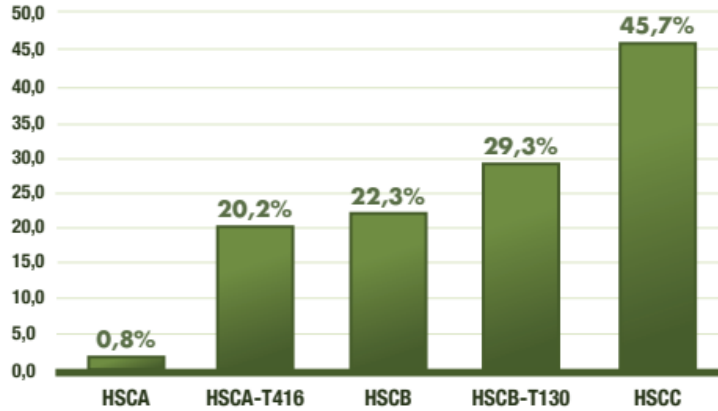
ASPEC...

Material	IMA (m³/ha/ano)
OP Mix - 1,0GER	28
AGOP53 - AGOP54	28
OP Mix - 2,0GER	31
AGOP88 - AGOP89 - AGOP783	31
AGM37	31
AGM22	31
AGV145 - AGV146 - AGV147	31

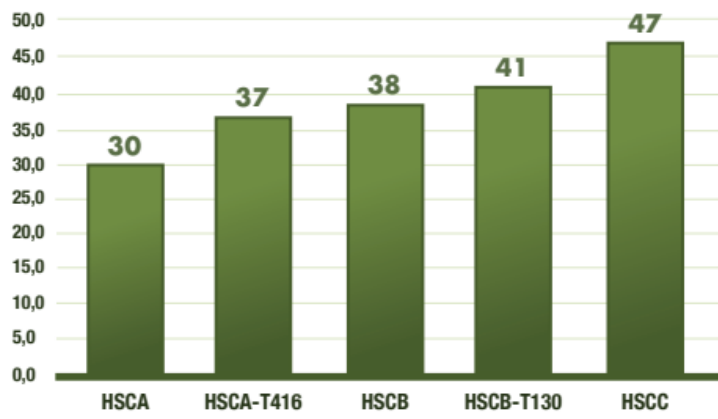
* Informações baseadas em dados médios dos materiais

ARBORGEN BRASIL - MATERIAIS GENÉTICOS *Pinus taeda* CMPC RESULTADOS EXPERIMENTAIS DE TESTES

Ganho genético em volume aos 7 anos de idade em relação ao PCS 1.0 Marion USA



IMA aos 14 anos de idade (m³/ha/ano)



Espaçamento 3x3m - 1.111 plantas/ha
Resultados obtidos em regiões de solo vermelho profundo.

Materiais	Ganho genético	IMA14	Origem	Retidão*	Copa	Galhos	Bifurcação	Foxtail
HSCA	0,8%	30	Livingston	4	Média	Médio	< 5%	0
HSCA-T416	20,2%	37	Livingston	3	Média	Médio	< 5%	0
HSCB	22,3%	38	Marion	3	Média a Grande	Médio a Grosso	< 5%	0
HSCB-T130	29,3%	41	Marion	4	Pequena a Média	Fina a Médio	< 5%	0
HSCC	45,7%	47	Marion	3	Média	Médio	< 5%	0

* 1- Ruim; 4- Excelente

ÁREAS RECOMENDADAS PARA PLANTIO



Mas allá de los viveros



UPM: Vivero del Futuro en el Centro de Uruguay. Inaugurado: Feb, 2023



Inversión ~25 millones de dólares
Producción: 10 millones de plántulas plantables
Eucalyptus dunnii y Eucalyptus grandis
Área total del Vivero: 100 hectáreas,
Área en producción: 18 hectáreas, 4.5 has en
invernaderos 120 nuevos empleos

UPM: vivero Forestal Oriental de última generación en Guichón, Uruguay Inversión: 15 millones de dólares, 2011



Source: <https://www.upmpasodelostoros.com/news/2020/07/upm-begins-construction-of-its-third-state-of-the-art-nursery-in-central-uruguay/>

Productos de ArborGen con Genética Avanzada: OP, MCP® y VAR



Germinación de semillas: finales de abril principios de mayo

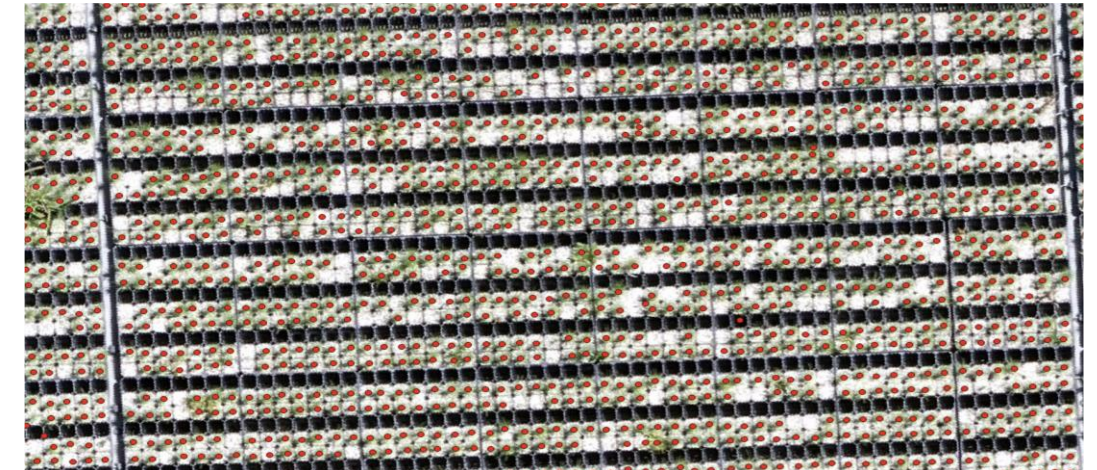
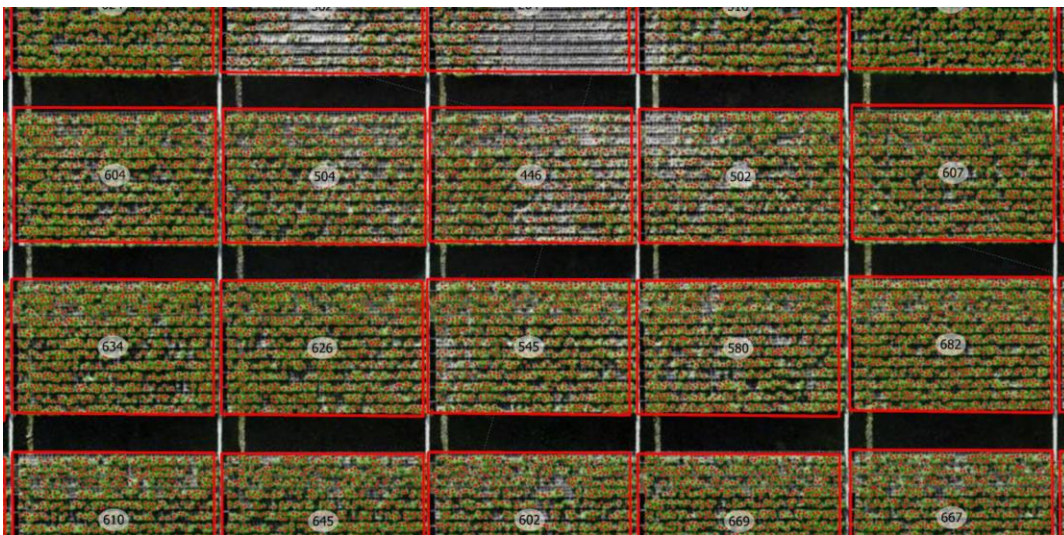
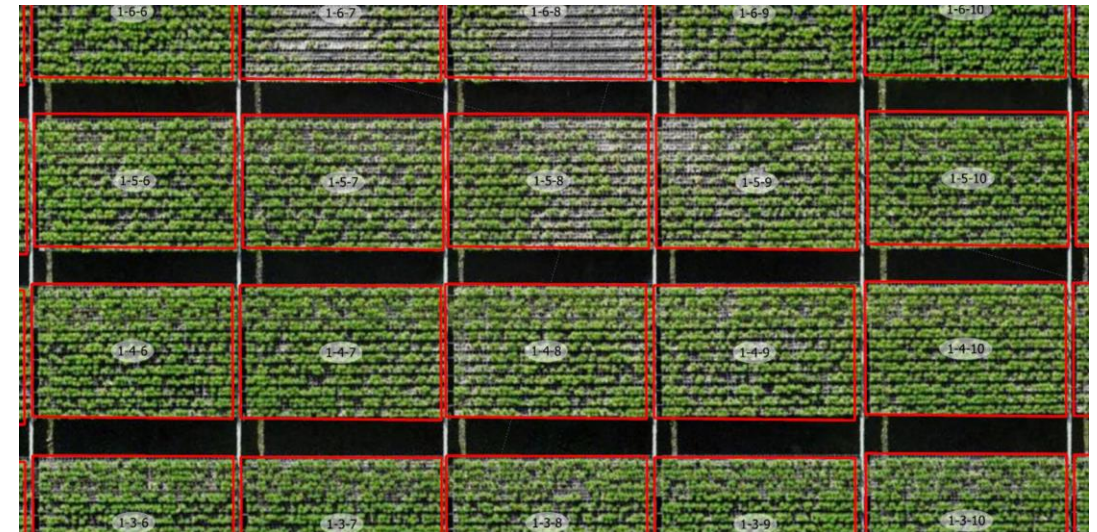


- Formación de camellones y siembra de semillas con Tractor/GPS. Rectitud y bordes anchos de los camellones
- Mayor uniformidad de las plántulas
- Reducción de plántulas dañadas en la cosecha

Sembrado mecanizado con tractor, a mediados del verano



Cómo contar las plántulas en el vivero



Eras con plántulas marcadas

Todas las plántulas de pino se parecen. ¿Qué se necesita para identificar una plántula de pino genéticamente superior?



¿Puedes notar la diferencia entre estas plántulas?

¿Qué determina si tenemos un rodal con productos como este?



Picture courtesy of Steve McKeand, NCSU

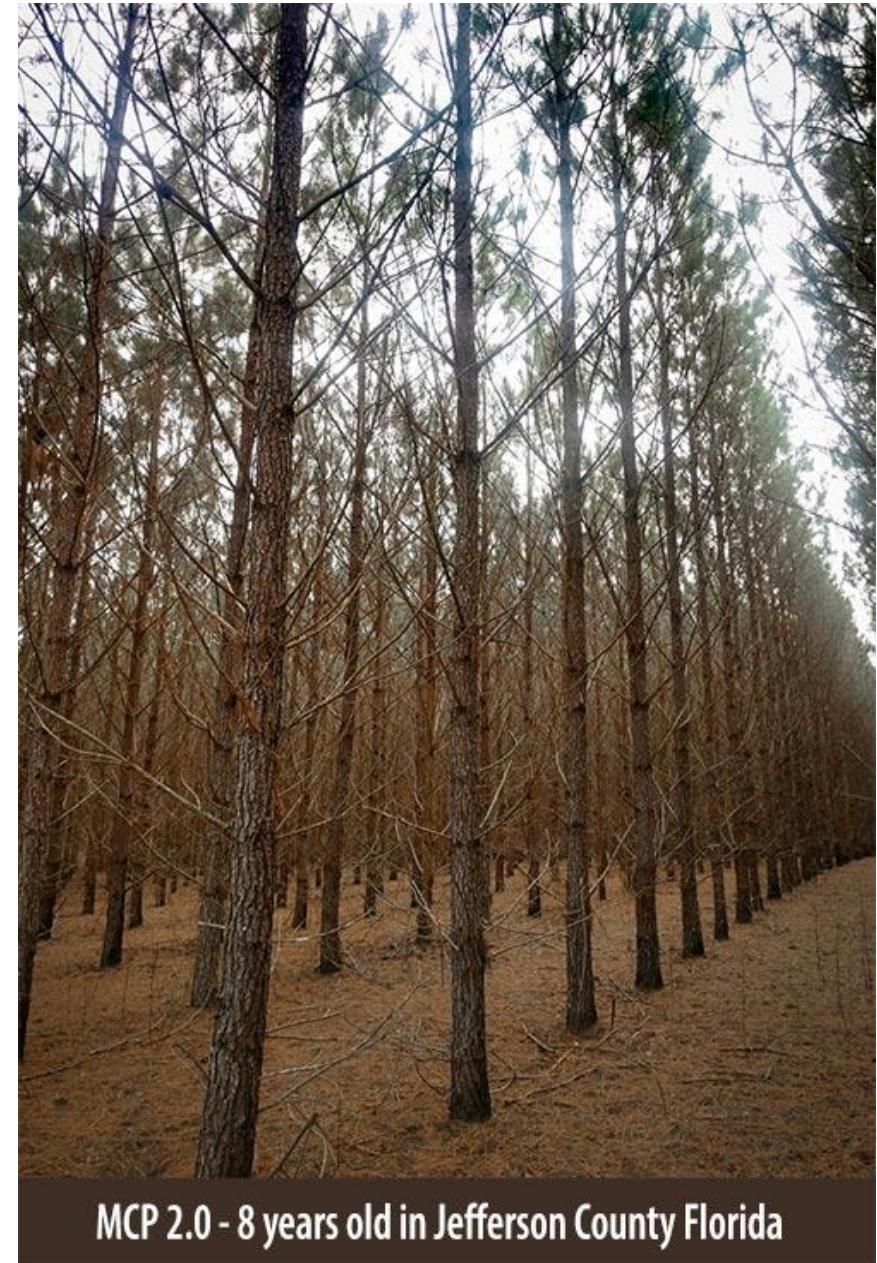
O uno de estos!!!



Resultados con alta sobrevivencia de plantación

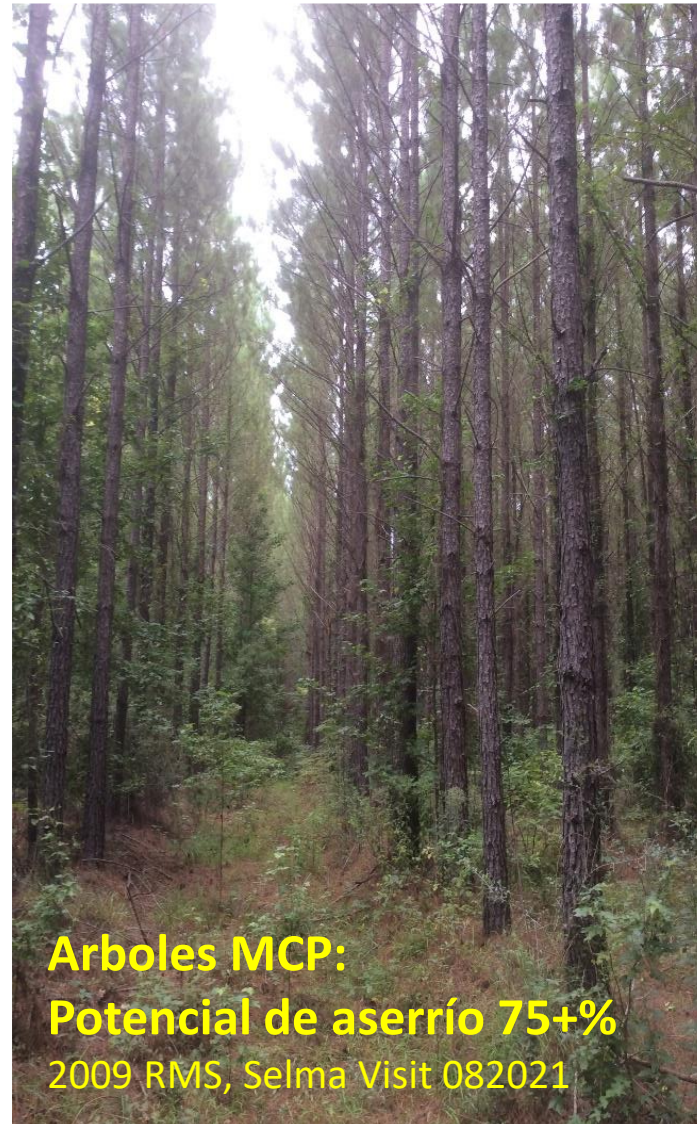


**MCP 2.0 Plantación de 8 años
de edad en Jefferson County, FL**



MCP 2.0 - 8 years old in Jefferson County Florida

Genética de *Pinus taeda* (loblolly) en el sur de EE. UU.



Agenda

- Credenciales de ArborGen
- Mejoramiento de árboles, genética forestal, y viveros
- Desarrollo de productos / Genética y genómica
- **Creación de valor para los reforestadores**
- Determinantes de los rendimientos financieros de la inversión en bosques comerciales:
 - ✓ Crecimiento biológico
 - ✓ **Ganancia genética en volumen y calidad de madera**
 - ✓ Precios de la madera,
 - ✓ Apreciación de la tierra
 - ✓ Créditos de carbono

Productividad de las plantaciones forestales

Productividad forestal (& Valor) =

Mejoramiento de árboles + Silvicultura =

Mejoramiento de árboles + Manejo de los recursos

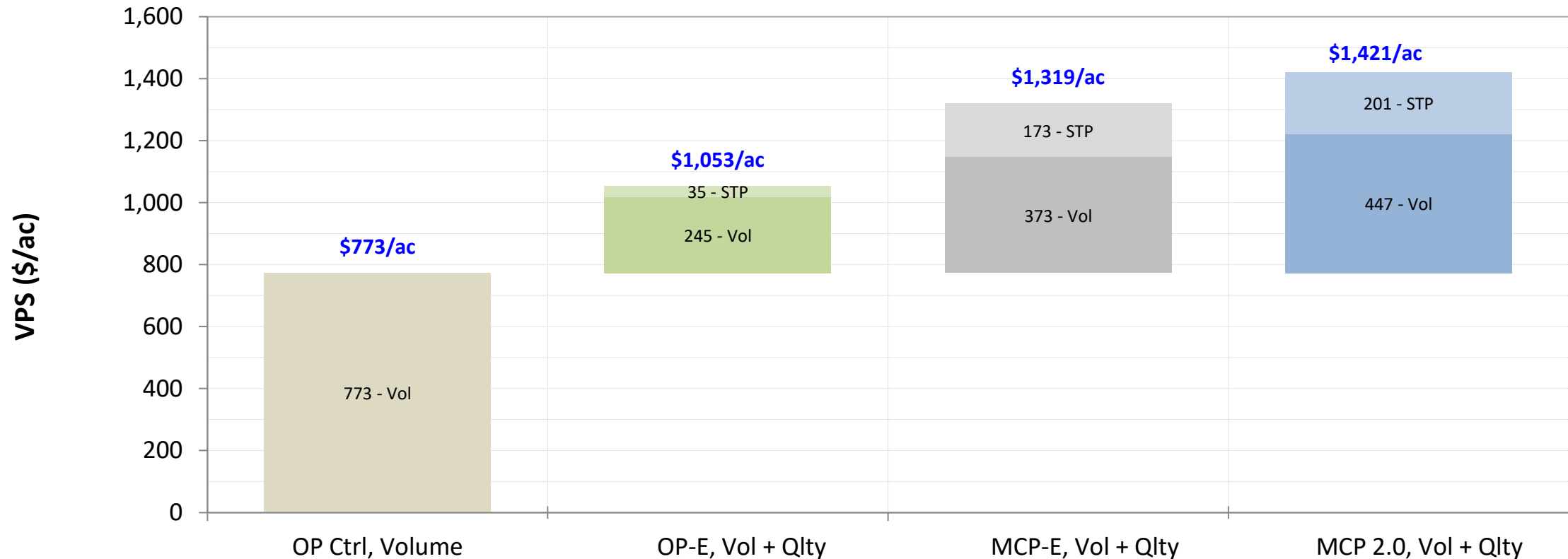
Análisis de valor de los productos de AG, 2020

Sin fertilización, con entresaca, plántulas a raíz desnuda, región LCP

Genotype	SI ft	MAI * t/a/y	Total Yield t/a	BLV \$/ac	NPV ¹ \$/ac	Current/Nominal Revenue		Regime IRR (%)	Breakeven \$/Seedling	Marginal IRR (%)
						Thinning \$/ac	Clearcut \$/ac			
OP Ctrl	65	7.4	156	773	546	765	2,035	11.4%	Base	Base
OP-A	69	8.0	169	921	650	853	2,253	12.1%	0.24	35.5%
OP-S	71	8.3	175	983	694	908	2,336	12.3%	0.32	22.7%
OP-E	73	8.6	182	1,053	743	963	2,443	12.5%	0.41	20.2%
MCP-A	74	8.9	205	1,115	823	1,176	2,969	12.0%	0.59	14.0%
MCP-S	76	9.2	213	1,174	866	1,243	3,092	12.0%	0.69	13.6%
MCP-E	80	10.0	229	1,319	974	1,390	3,350	12.3%	0.91	13.7%
MCP 2.0	83	10.5	241	1,421	1,050	1,500	3,533	12.5%	1.06	13.6%

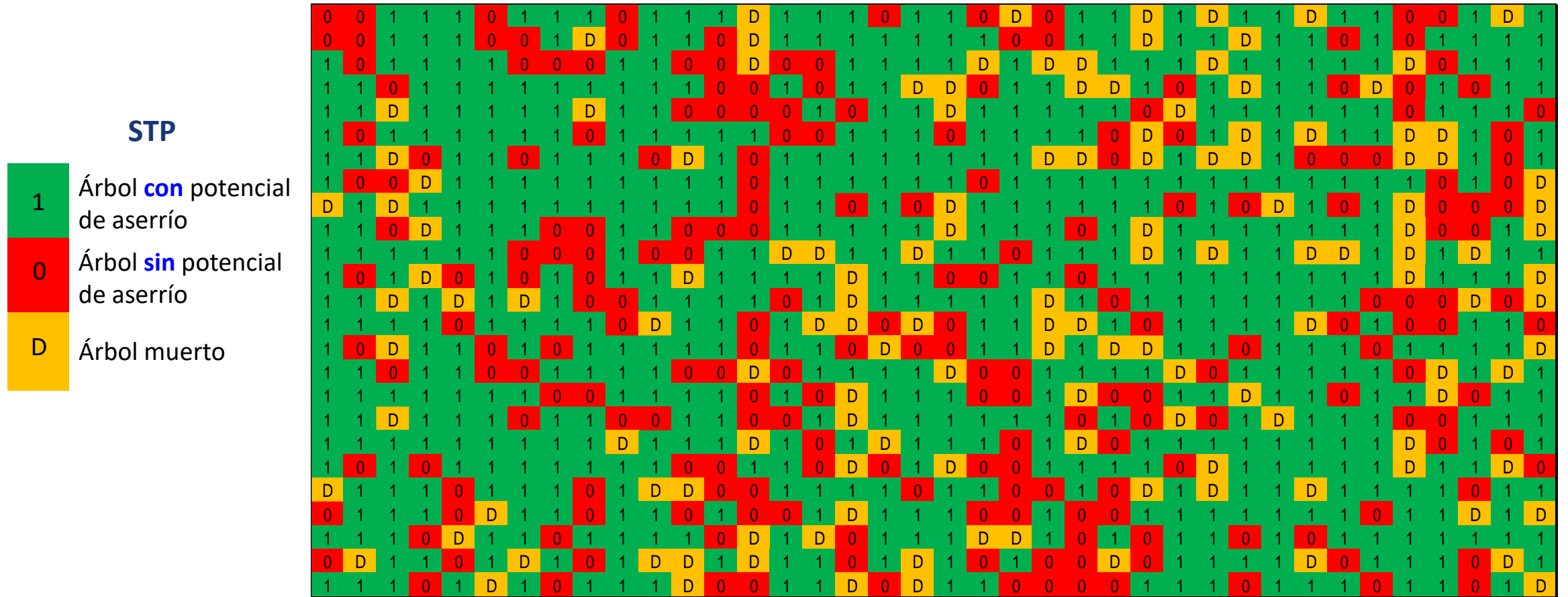
¹ Thinning at age 13 and 14, Clear Cut at age 21 and 23, * MAI at final harvest, 605 tpa. Seedling costs: OPs \$63-88/M and MCPs \$170-277/M

El aumento del VPS depende fuertemente del volumen y calidad de la madera



¹ Thinning at age 13 and 14, Clear Cut at age 21 and 23, * MAI at final harvest, 605 tpa. Seedling costs: OPs \$63-88/M and MCPs \$170-277/M

Distribución espacial de fustes defectuosos en rodales plantados con arbolitos mejorados por polinización abierta, en múltiples sitios: 9 ubicaciones (NC, SC, GA, FL, TX), 7 familias, 950 árboles, edades 5-9

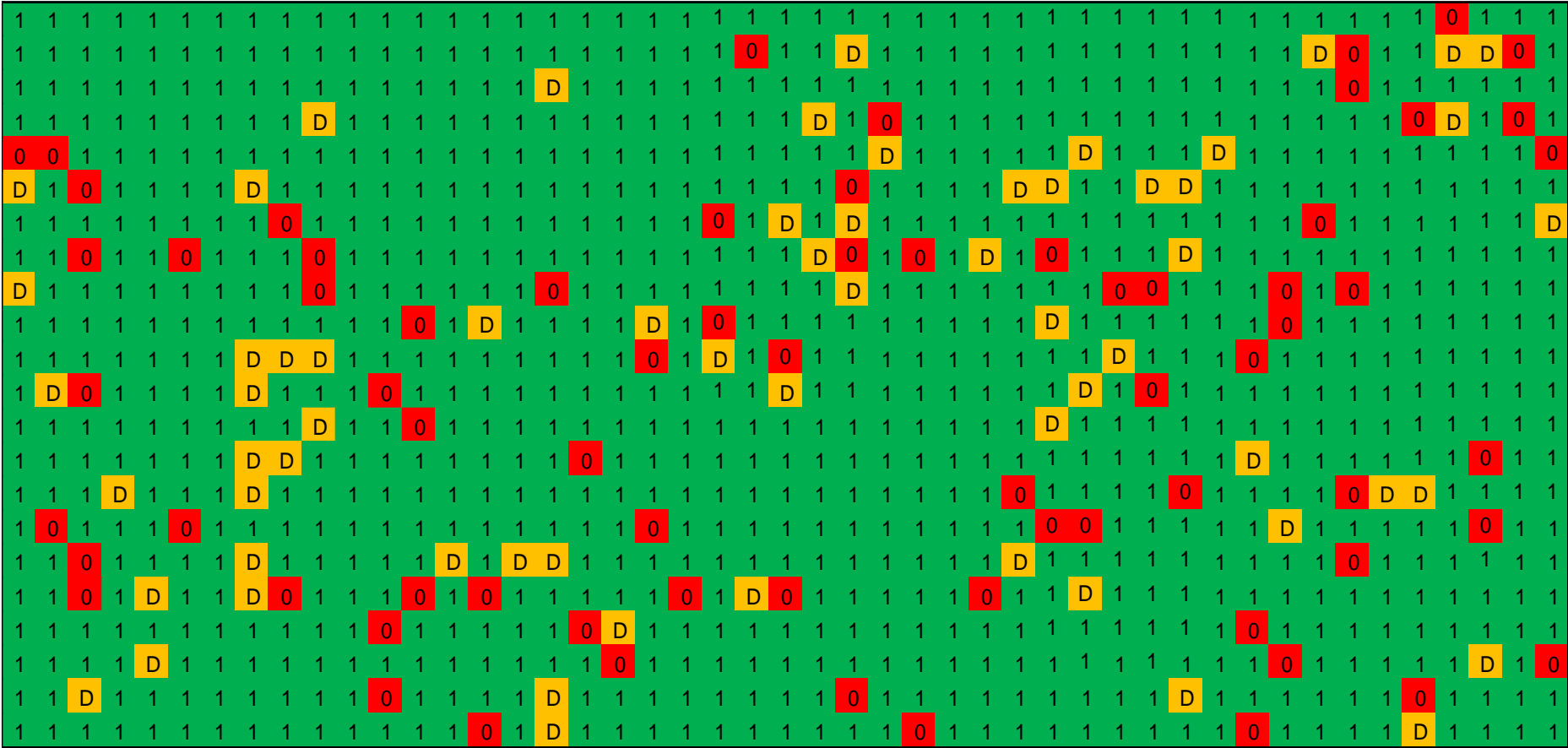


Distribución espacial de fustes defectuosos en rodales plantados con variedades/clones, en múltiples sitios:

9 ubicaciones (NC, SC, GA, FL, TX), 4 familias, 1034 árboles, edades 5-9

STP

- 1 **Árbol con** potencial de aserrío
- 0 **Árbol sin** potencial de aserrío
- D **Árbol muerto**



El calvario llamado reforestación para finqueros del Caribe

(03 de abril 2022)

EL TIEMPO

Improvisación y abandono



¡Mitigue riesgos utilizando las herramientas que la humanidad ha desarrollado para proteger su inversión!
Plante el árbol correcto, en el sitio correcto, para el mercado/propósito correcto y será negocio!

El manejo forestal sostenible asegura la creación de riqueza, disponibilidad de nuestros recursos renovables, protege la biodiversidad y ayuda a combatir el cambio climático

Forestry competitiveness

High productivity in fibers

Total Land

696 K ha

- Own: 497 K hectares
- Leased: 199 K hectares

Planted Area

294 K ha

- Pine: 175 K hectares
- Eucalyptus: 119 K hectares

Average Hauling Distance of Klabin Forests¹

85 km

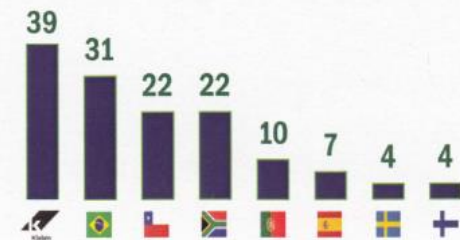
- Paraná: 84 km
- Santa Catarina : 87 km

42% OF NATIVE FORESTS*

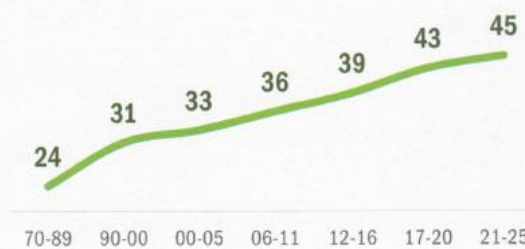


PINE

Forest Productivity³ m³/ha/year²

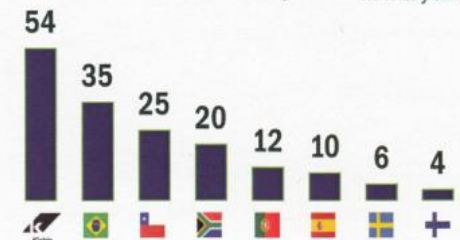


Mean Annual Increment (MAI) - Klabin

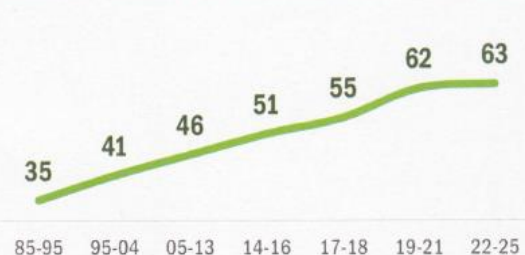


EUCALYPTUS

Forest Productivity³ m³/ha/year²



Mean Annual Increment (MAI) - Klabin



1 - Average hauling distance refers to own wood. Reference Date: September 2022

2 - Reference Date: September 2022

3 - Productivities other than Klabin and Brazil are reference 2018

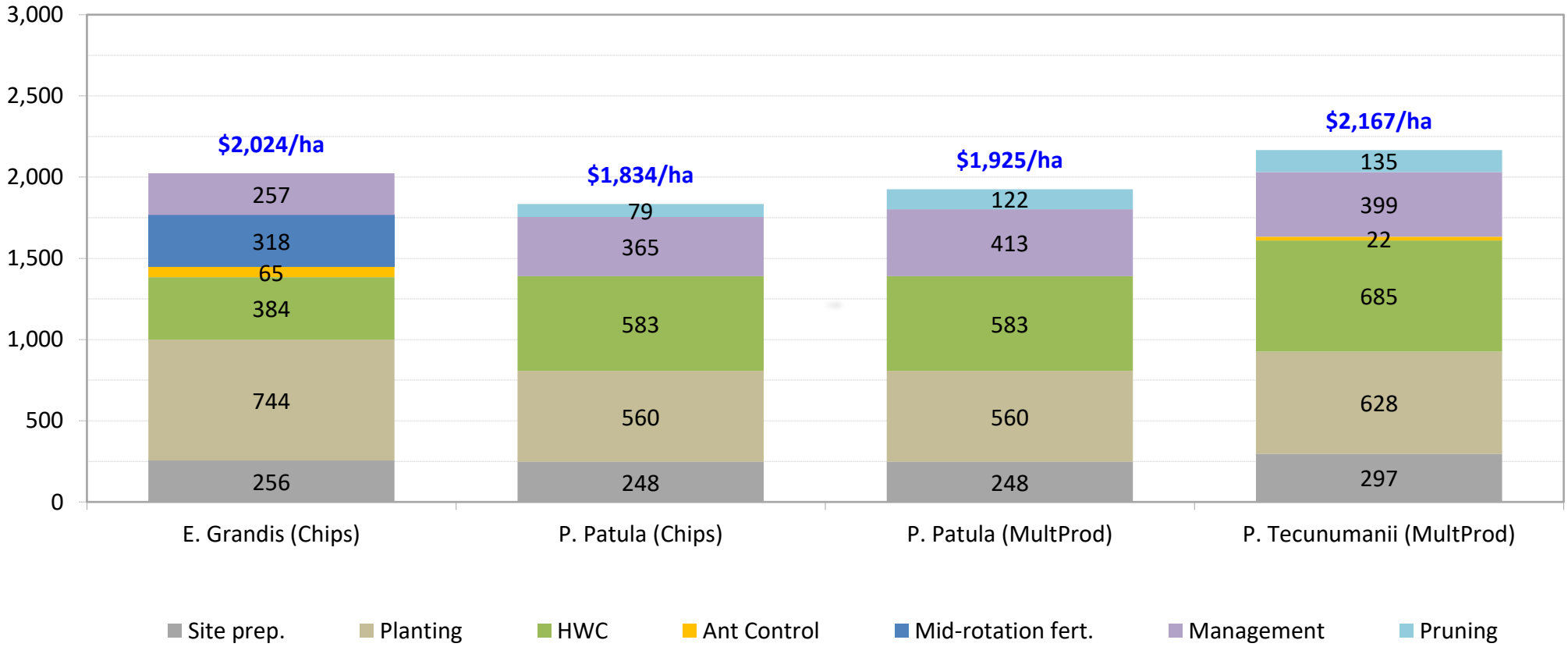
Source: Ibá and Klabin

**¿Como lo hacen?
¡Genética avanzada y
apropiadas prácticas
silviculturales!**

Saber cómo se ve una pelota de fútbol cuando se pateo a 150 k/h no significa que seamos capaces de hacerlo.

Estudio de Caso en Colombia 1: Retornos Financieros de plantaciones forestales en la Región Andina con diferente silvicultura

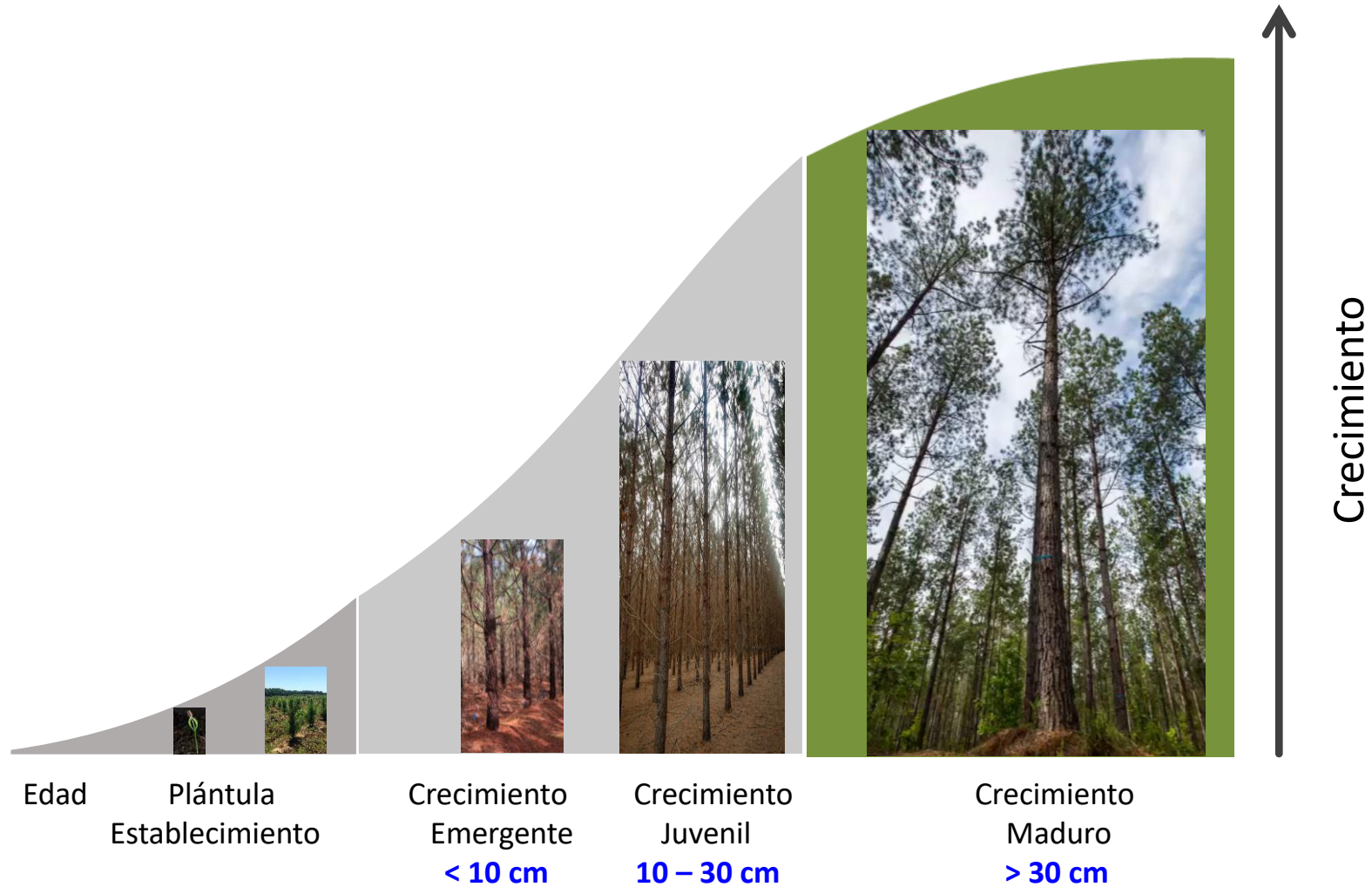
Actividades silvícolas (\$/ha)



Exchange rate: US\$ 1 = Col\$ 3,555.65 (Feb, 09, 2021), 8% discount rate

1.300 aph, 5 % de replante, Col\$300 (\$600-800/árbol)

Crecimiento biológico: etapas del desarrollo de un bosque cultivado

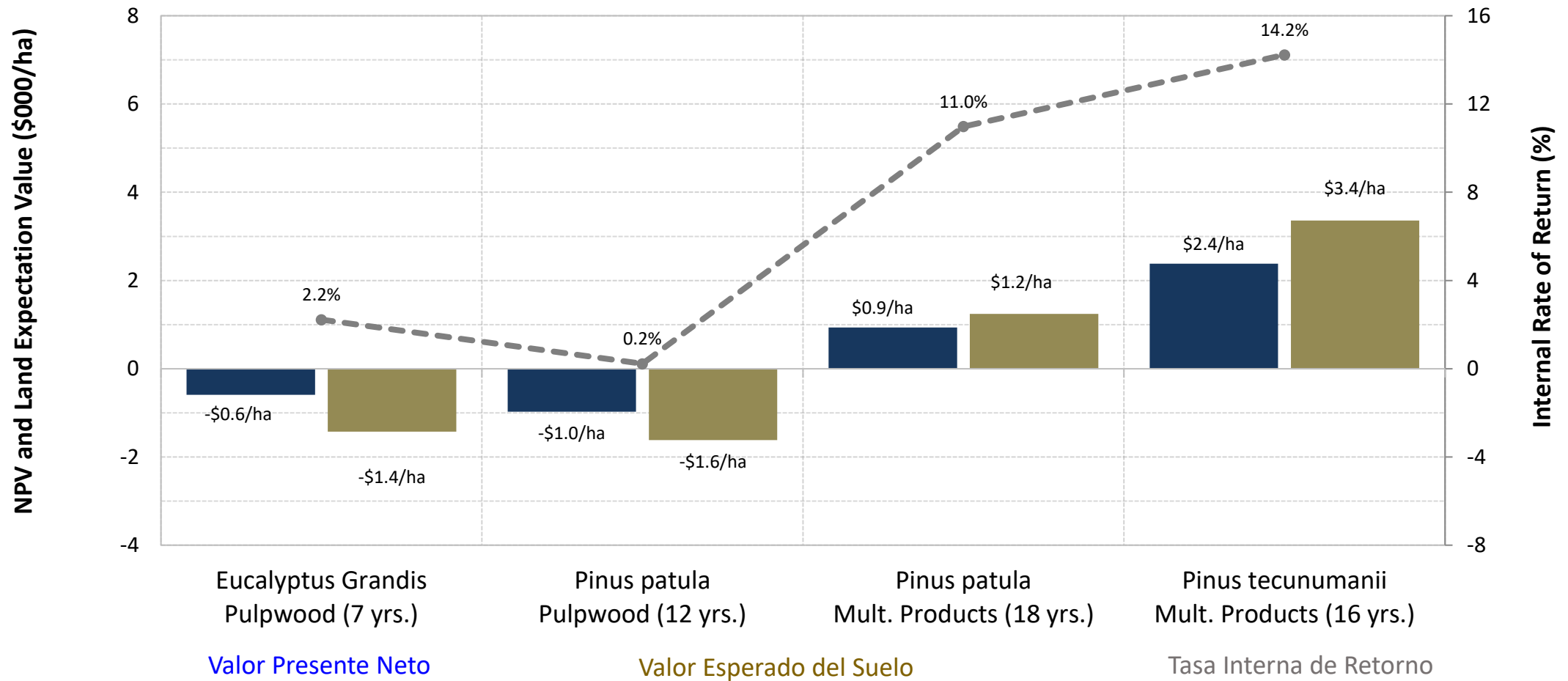


Concéntrese en los árboles y los costos de oportunidad asociados con las decisiones de manejo

Yr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	NPV	IRR
\$/tree	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	3.0	14%

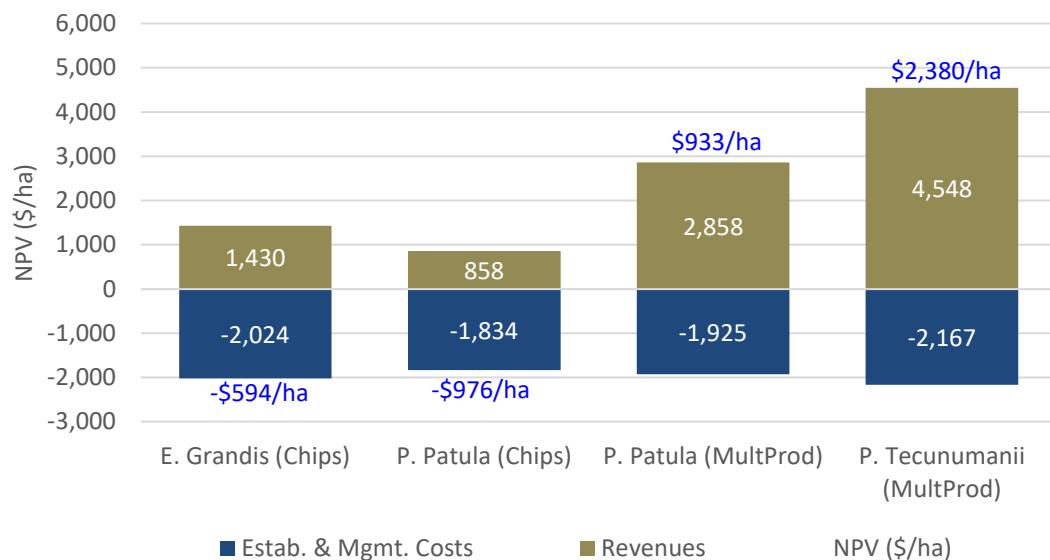
¹ Bin, M., M. Clutter, and T. Harris. 2013. Timberland Return Drivers and Risks: A Simulation Approach. SJAF 37(1): 18-25

Retorno económico evaluado con tres criterios financieros



Cubbage F., Rubilar R., Mac Donagh P., Kanieski Da Silva B., Bussoni A., Morales V., Balmelli G., Hoeflich VA., Lord R., Hernández C., Zhang P., Ha Tran Thi Thu, Yao R., Hall P., Korhonen J., Díaz-Balteiro L., Rodríguez-Soalleiro R., Davis R., Chudy R., De La Torre R., Lopera G.J., Phimmavong S., Garzón S., Cubas-Baez A. 2022. Comparative global timber investment costs, returns, and applications, 2020. Journal of Forest Business Research 1(1):90-121
 Tasa de descuento: 8%, no incluye en valor de la tierra

Comparación de retornos económicos con diferentes regímenes de silvicultura



Pinus tecunumanii: 45% ganancia genética en volume sobre el control incrementa el 100% el VPN

IMA	VPS	VPN	Ingr. Anual Eq.	IRR	Ganancia en VPN		Nivel de
m ³ /ha/año	\$/ha	\$/ha	\$/ha/año	%	%		Crecimiento
24.0	2,444	1,731	196	12.9%	0%		Promedio
26.0	2,903	2,056	232	13.6%	19%		
28.0	3,362	2,380	269	14.2%	38%	0%	Bueno
30.0	3,820	2,705	306	14.8%	56%	14%	
32.0	4,279	3,030	342	15.4%	75%	27%	
34.7	4,898	3,469	392	16.1%	100%	46%	Alto

Madera en pie* (US\$/m3)	Diámetro Min (cm)	Eucalyptus Grandis (US\$/m3)	Pinus Patula 1 (US\$/m3)	Pinus Patula 2 (US\$/m3)	Pinus Tecunumanii (US\$/m3)
Energía	< 5	0	0	0	0
Pulpa	10	10	10	10	10
Aserrío 1	18			30	30
Aserrío 2	22			38	38
Aserrío 3	>22			44	44
TIR		2.2%	0.2%	11.0%	14.2%
BLV-VES (\$/ha)		-1,426	-1,619	1,244	3,362
Edad de Rotación		7	12	18	16
IMA (m3/ha/a)		35	18	18	28
Tierra (\$/ha)		1,800	1,500	1,500	1,500
Cosecha	\$18/m3				
Flete	\$10/m3				

- Precio residual (madera en pie)= Madera en planta – Cosecha – Flete
- 8% Tasa de descuento; sin costo de la tierra

Agenda

- Credenciales de ArborGen
- Mejoramiento de árboles, genética forestal, y viveros
- Desarrollo de productos / Genética y genómica
- Creación de valor para los reforestadores
- **Determinantes de los rendimientos financieros de la inversión en bosques comerciales:**
 - ✓ **Crecimiento biológico**
 - ✓ **Ganancia genética en volumen y calidad de la madera**
 - ✓ **Precios de la madera**
 - ✓ **Apreciación de la tierra**
 - ✓ **Créditos de carbono**

¿Por qué el interés en invertir en plantaciones forestales?

- Retornos reales competitivos vs. numerosas clases de activos tradicionales
- Manejo de riesgos y diversificación de portafolios de inversiones
- Preservación de capital, continua y renovable acumulación de valor vía crecimiento biológico
- Beneficios tributarios y créditos subsidiados
- Protección contra la inflación
- Flexibilidad a largo plazo
- Características únicas
- Nuevos productos (biocarbono, textiles...)
- Nuevos mercados (CLT, créditos de CO2, energía renovable...)
- Nuevas tecnologías (**genética**, nanotecnología, energía...)

El C no solo se almacena en árboles vivos

Reservas de carbono

C en los ecosistemas forestales

1. Biomasa aérea
2. Biomasa subterránea
3. Madera muerta
4. Hojarasca
5. C orgánico del suelo

C en la madera cosechada

1. Productos de madera en uso (e.g., construcción)
2. Productos forestales desechados (rellenos sanitarios)

¿Por qué Invertir en Bosques Plantados?

Resumen de beneficios: rendimiento del flujo de caja/efectivo, protección contra la inflación, baja correlación con activos financieros, rendimientos atractivos, mercado de productos forestales en expansión

Beneficios de las plantaciones forestales en portafolio de inversión

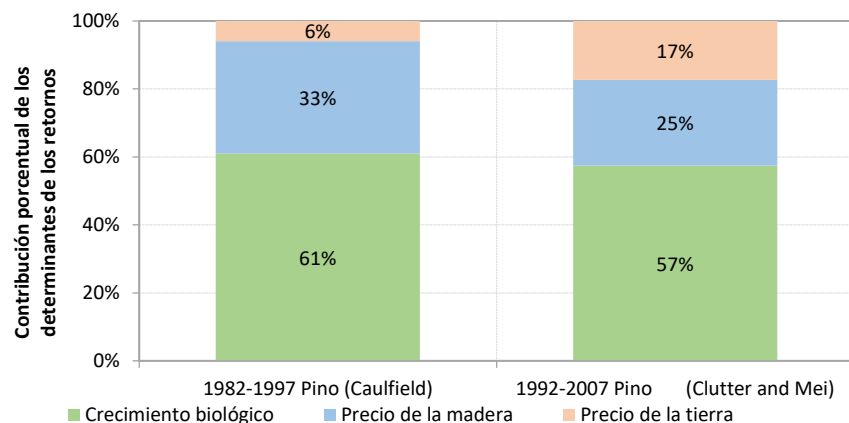
- Protección contra la inflación
- Diversificación impulsada por el crecimiento biológico
- Rentabilidades atractivas ajustadas al riesgo
- Rendimiento impulsado por activos reales tangibles:
 - La cosecha y ventas de tierras proporcionan flujos de caja

Protección contra la inflación

- El crecimiento biológico es el determinante de los rendimientos económicos y brinda protección contra la inflación
- No correlacionado con los mercados financieros
- Correlación positiva de inflación

Determinantes Tradicionales vs. Nuevos Determinantes

Crecimiento biológico proporciona una baja correlación



Principales determinantes de los rendimientos de la inversión en bosques plantados

Plantar árboles mejorados genéticamente afecta:

1. Crecimiento biológico
2. Calidad de la madera
3. Resistencia a la roya del pino
4. Forma del fuste (rectitud, bifurcación)
5. Distribución de productos
6. Disminución de defectos / mortalidad
7. Aumento de STP antes del raleo
8. Mayor número de trozas por árbol
9. Menor densidad de plantación
10. Períodos de rotación más cortos
11. Mayor uniformidad de los rodales
12. Y más...

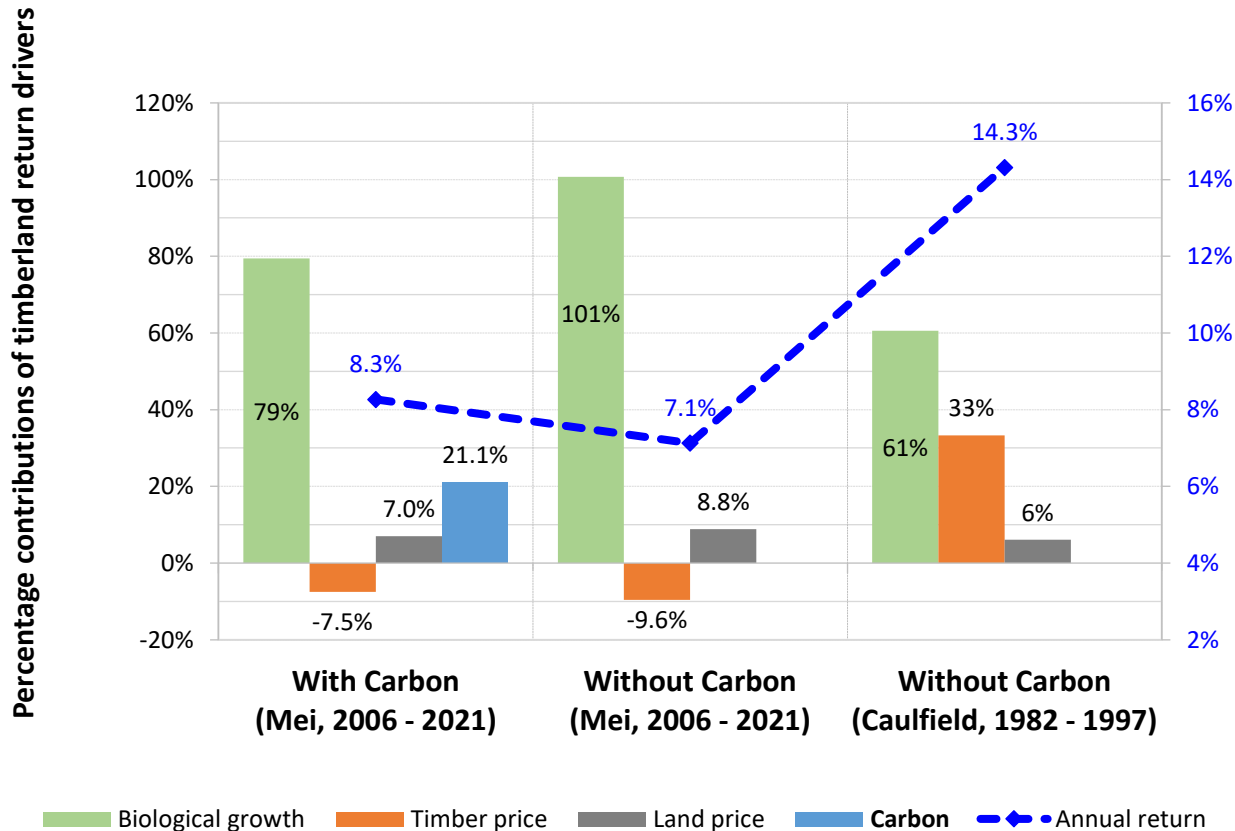
Mayor rendimiento y menor riesgo

La genética es más que solo volumen

¡Es Rentabilidad y Valor!

El crecimiento biológico es consistentemente el factor más importante en las inversiones forestales (análisis de dos períodos de 15 años cada uno)

Percent of Total Return Disaggregated by Return Driver



Determinantes del retorno de las inversiones en bosques plantados

El crecimiento biológico es independiente de los mercados financieros tradicionales, y domina los otros determinantes de la rentabilidad de las inversiones en bosques

La madera en pie y los precios de la tierra están sujetos a las condiciones de la oferta y la demanda

- (1) Carbon as a return driver source: Mei, B. (2023). Carbon offset as another driver of timberland investment returns in the United States. *Journal of Forest Business Research*, 2(1), 1–19. Retrieved from <http://www.forest-journal.com/index.php/JFBR/article/view/carbon-offset-timberland-returns-usa>
- (2) Caulfield, J.P. 1998. Timberland return drivers and investing styles for an asset that has come of age. *Real Estate Finance*, Vol. 14, No. 4.

Crecimiento biológico, sin entresacas (tons/ac)

OP Control (2nd Gen OP)

	Age	PW	CNS	ST	Poles	Total
1997	5	11.3	0.0	0.0	0.0	11.3
1998	6	21.3	0.0	0.0	0.0	21.3
1999	7	32.2	0.2	0.0	0.0	32.4
2000	8	42.8	1.0	0.0	0.0	43.8
2001	9	52.2	2.9	0.0	0.0	55.1
2002	10	60.4	6.0	0.0	0.0	66.4
2003	11	67.0	10.2	0.0	0.0	77.2
2004	12	72.4	15.3	0.0	0.0	87.7
2005	13	76.6	21.2	0.0	0.0	97.8
2006	14	79.9	27.7	0.0	0.0	107.6
2007	15	82.3	34.5	0.0	0.0	116.8
2008	16	84.2	41.3	0.1	0.0	125.6
2009	17	85.5	48.3	0.3	0.1	134.2
2010	18	86.4	55.3	0.4	0.1	142.2
2011	19	86.9	62.3	0.7	0.2	150.1
2012	20	87.1	69.0	1.0	0.3	157.4
2013	21	87.3	75.4	1.5	0.4	164.6
2014	22	87.2	81.5	2.1	0.5	171.3
2015	23	87.2	87.2	2.8	0.7	177.9
2016	24	87.2	92.4	3.7	0.9	184.2
2017	25	87.2	97.1	4.7	1.2	190.2
2018	26	87.3	101.2	5.9	1.5	195.9
2019	27	87.6	104.8	7.3	1.8	201.5
2020	28	88.0	107.8	8.9	2.2	206.9
2021	29	88.7	110.2	10.6	2.6	212.1
2022	30	89.4	112.0	12.5	3.1	217.0

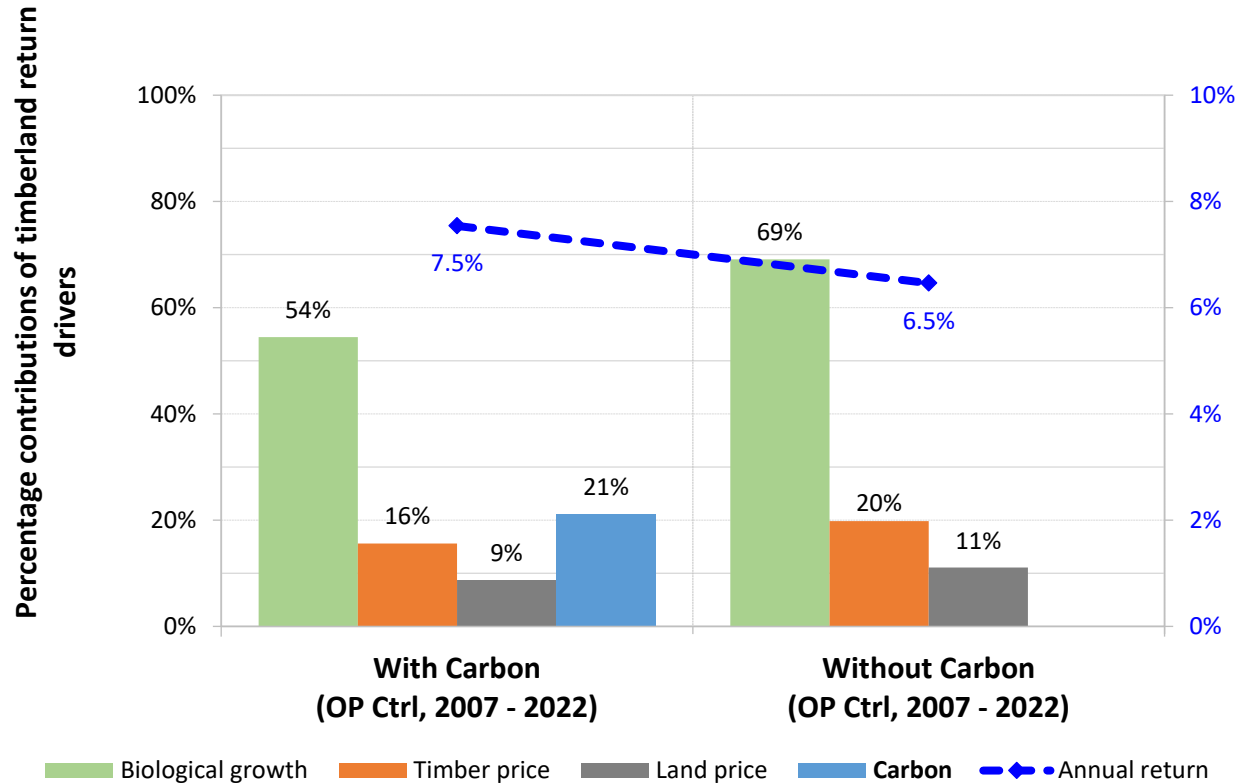
AG MCP-E

	Age	PW	CNS	ST	Poles	Total
1997	5	16.9	0.0	0.0	0.0	16.9
1998	6	30.5	0.1	0.0	0.0	30.6
1999	7	44.3	1.2	0.0	0.0	45.5
2000	8	56.3	4.4	0.0	0.0	60.7
2001	9	65.5	10.4	0.0	0.0	75.9
2002	10	72.2	18.6	0.0	0.0	90.8
2003	11	76.8	28.6	0.0	0.0	105.4
2004	12	79.7	39.7	0.0	0.0	119.4
2005	13	81.4	51.2	0.2	0.1	132.9
2006	14	82.2	63.1	0.5	0.1	145.9
2007	15	82.2	74.9	0.9	0.2	158.2
2008	16	81.7	86.3	1.6	0.4	170.0
2009	17	81.0	97.1	2.7	0.6	181.4
2010	18	80.1	107.2	4.0	1.0	192.3
2011	19	79.1	116.4	5.8	1.4	202.7
2012	20	78.2	124.5	8.0	1.9	212.6
2013	21	77.3	131.6	10.7	2.6	222.2
2014	22	76.7	137.5	13.9	3.4	231.5
2015	23	76.1	142.2	17.5	4.2	240.0
2016	24	75.8	145.8	21.7	5.2	248.5
2017	25	75.8	148.1	26.3	6.4	256.6
2018	26	75.9	149.4	31.4	7.6	264.3
2019	27	76.4	149.6	36.8	8.9	271.7
2020	28	77.1	148.9	42.8	10.3	279.1
2021	29	78.0	147.2	49.0	11.8	286.0
2022	30	79.0	144.7	55.4	13.4	292.5

Cuanto mejor sea la genética, mayor será su contribución a los rendimientos financieros totales, independientemente de las condiciones del mercado

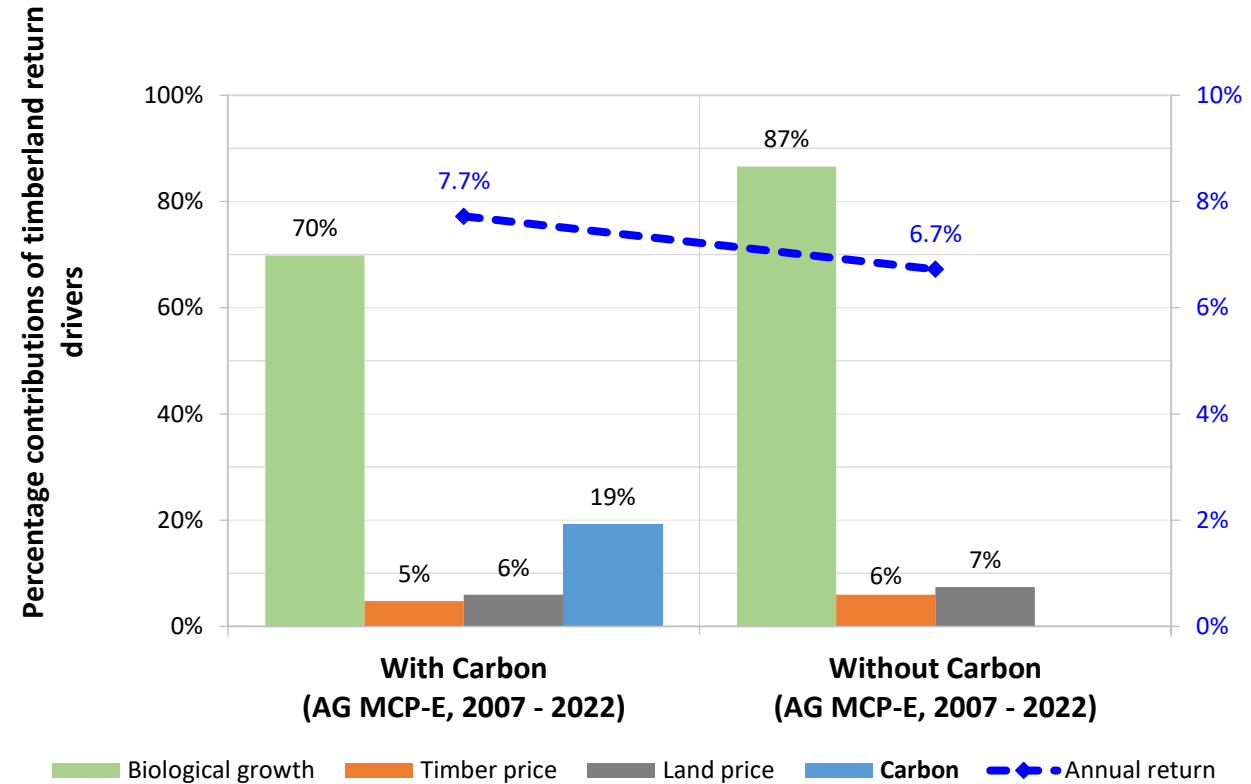
OP Control (2nd Gen OP)

Percent of Total Return Disaggregated by Return Driver



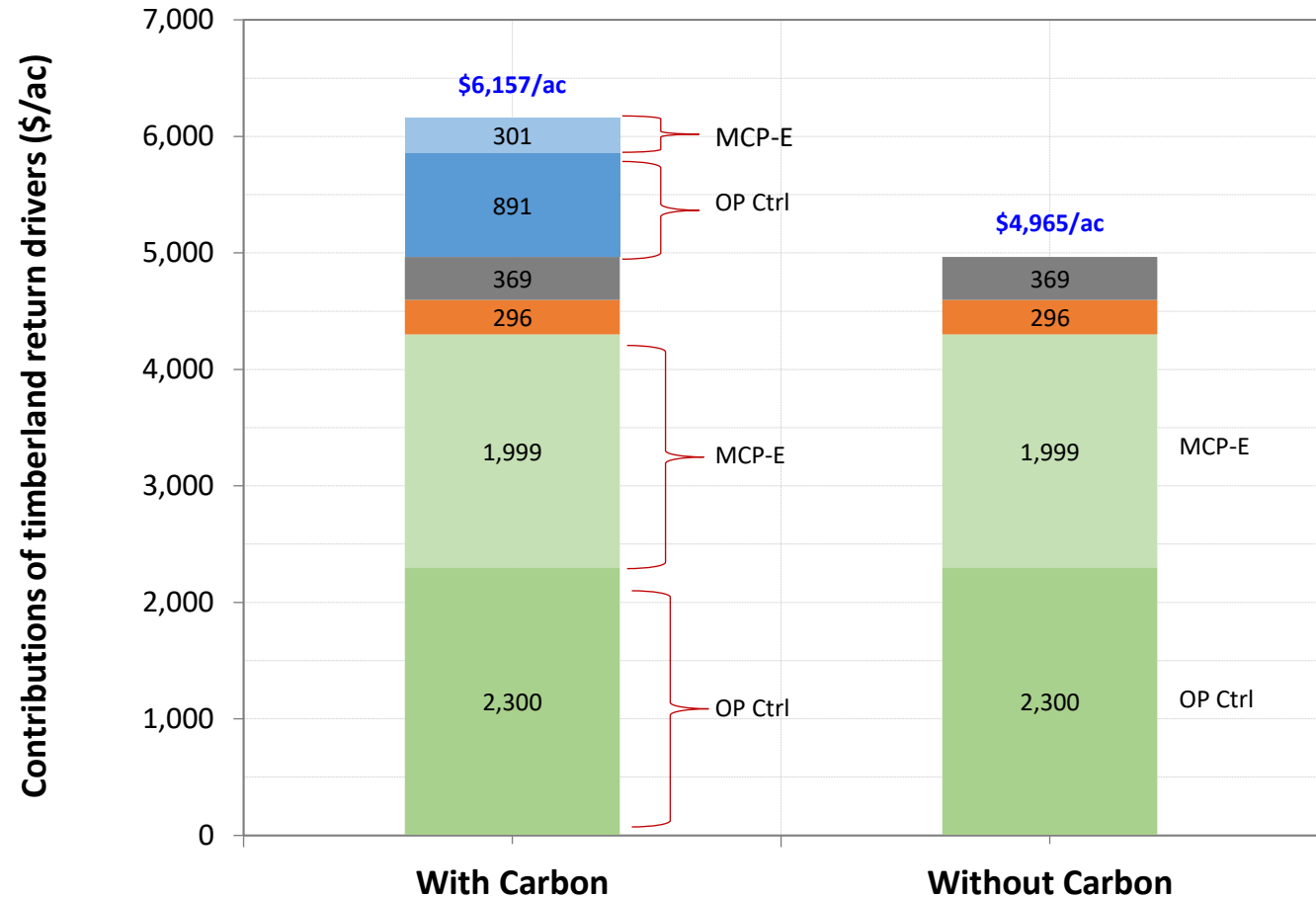
AG MCP-E

Percent of Total Return Disaggregated by Return Driver



El crecimiento biológico de la genética avanzada (AG MCP-E) mitiga la volatilidad de los retornos financieros

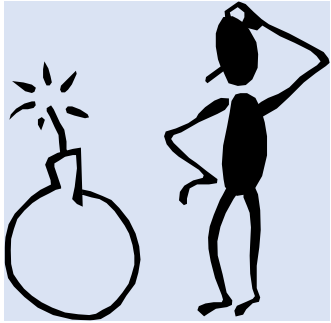
Total Returns Disaggregated by Return Driver



■ Biological growth ■ Genetics MCPE ■ Timber price ■ Land price
■ Carbon ■ Carbon MCPE ■ Total Timberland Return

Conclusiones Generales

1. **Desafíos de los propietarios de bosques:** Maximizar el valor de los activos forestales bajo control
2. **El crecimiento biológico del domina la contribución a los rendimientos totales**
3. **Los cruces de hermanos completos (MCP) pueden mostrar altos niveles de mejoramiento y ganancias con respecto a las plántulas de polinización abierta (OP)**
4. **Genética avanzada es más que solo volumen: crea un gran valor incluso en los mercados de madera actuales y nos prepara mejor para nuevos mercados como los créditos de carbono**
5. **Los bosques industriales son la respuesta a la “transición verde”, creación de riqueza, prosperidad social, descarbonización, y producción de energía y fibras**
6. **Podemos proveer productos forestales sosteniblemente a la sociedad, utilizando menos tierra y menos trabajadores, mientras la población sigue creciendo**
7. **Existen oportunidades concretas para crear un nuevo polo de desarrollo jamás visto en Colombia. Debemos organizarnos fortaleciendo el gremio, comunicar efectivamente nuestra visión, soportarnos con la academia, y educar a nuestros legisladores sobre el impacto del negocio forestal a nivel local, regional, nacional y global**



Q & A

**Plante el árbol
correcto en el
sitio apropiado
para el propósito
correcto**



Flor de pagoda del Tíbet

<https://www.tiktok.com/discover/flor-de-pagoda>