

# **Manejo del Crecimiento y la Producción**

**Calidad de sitio**

# Contenidos de la clase

## Calidad de sitio:

- Definiciones
- Importancia de la calidad de sitio
- Indicadores, tipos
- Aplicación de índices directos e indirectos
- Estudios de caso en la Argentina

## Actividad:

- Ejercicio de aplicación de indicadores para *E. globulus* en el sudeste de Buenos Aires.

# Definiciones de calidad de sitio

Producción potencial de madera de un sitio para una especie o tipo de bosque en particular (Clutter *et al.*, 1983).

Máxima cosecha de madera que el bosque produzca en un tiempo determinado (Daniel *et al.*, 1982; Davis y Johnson, 1987).

a partir de las definiciones se entiende que:

- Sitio: tiene connotaciones geográficas y del ambiente imperante en dicha localidad (factores climáticos, topográficos, edáficos, comunidades vegetales y fauna).

- Su calidad se define siempre en función de una especie o taxón a cultivar o cultivado, y para un turno determinado.

# ¿Por qué es importante la calidad de sitio?

- es un aspecto clave en la evaluación de factibilidad de proyectos.
- es muy importante al momento de decidir la realización de prácticas culturales, ya que hay respuestas diferenciales en distintas calidades de sitio (invertir más o menos en determinado sector → ver concepto de silvicultura sitio - específica).
- brinda información esencial para contrastar los rendimientos logrados respecto de los potenciales, y así evaluar los resultados globales de un plan de manejo de rodal
- está directamente involucrado en el monitoreo de la sustentabilidad del sistema productivo (a través de la capacidad productiva).
- es importante para definir superficies equiproductivas y manejar los bosques.

# Indicadores de calidad de sitio

Indicadores directos, a partir de:

- registros de rendimientos históricos
- crecimiento en volumen del rodal

Indicadores indirectos, a partir de:

- altura media de los árboles dominantes (ej. índice de sitio; IS).
- incrementos periódicos en altura (métodos de intercepción).
- comunidades vegetales presentes (índices de vegetación)
- factores topográficos, climáticos y edáficos (ej. índices edáficos de sitio).

# Indicadores directos

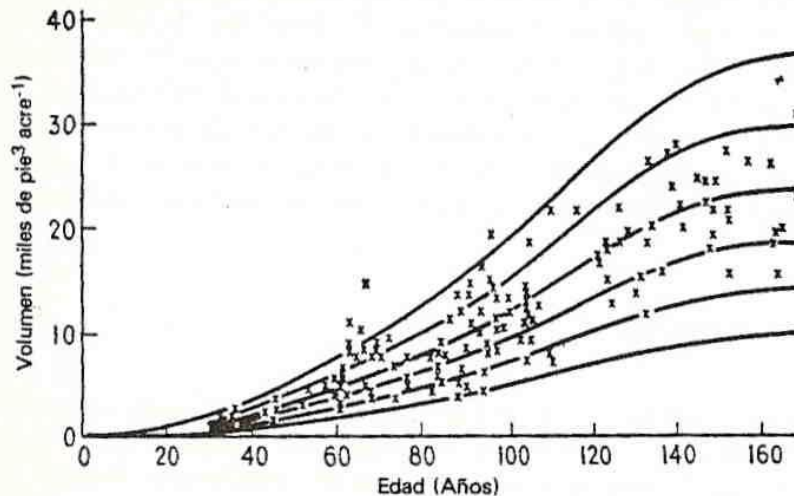
-registros de rendimientos históricos: los sitios se caracterizan en función de los rendimientos históricos, de modo similar a como se hace en agricultura. Ej.: "sitio para álamo de  $23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ ".

Existen para pocas regiones forestales, principalmente en Europa.

# Indicadores directos

-volumen del rodal: el indicador se obtiene a partir de las curvas de desarrollo volumen – edad de un rodal o rodales determinados.

Este indicador carece del valor promedio que surge de los rendimientos históricos.



**Figura 11-2** Calidad del sitio en términos del crecimiento volumétrico (en pies cúbicos) en una edad particular representada mediante curvas anamórficas.

calidad de sitio expresada como curvas anamórficas a partir del volumen de rodales coetáneos de *Picea* spp. (de Daniel *et al.*, 1982)

# Calidades de sitio para *Eucalyptus grandis* en Corrientes y Entre Ríos:

Tipo de suelo	Crecimiento medio anual esperado m <sup>3</sup> /ha/año
Suelos rojos profundos Ultisol	45-50 m <sup>3</sup> /ha a los 10 años
Arenoso pardo profundo y arenoso rojizo (virgen) con profundidad efectiva mayor de 60 cm Entisol	40-45 m <sup>3</sup> /ha a los 10 años
Arenoso pardo con profundidad efectiva alrededor de 30 cm Inceptisol	30-35 m <sup>3</sup> /ha a los 10 años
Arenoso de baja fertilidad, alrededor de 60 cm de prof. o mas. Brunizem arenoso	25-30 m <sup>3</sup> /ha a los 10 años
Vertisol arenoso	20-25 m <sup>3</sup> /ha a los 10 años



# Indicadores indirectos

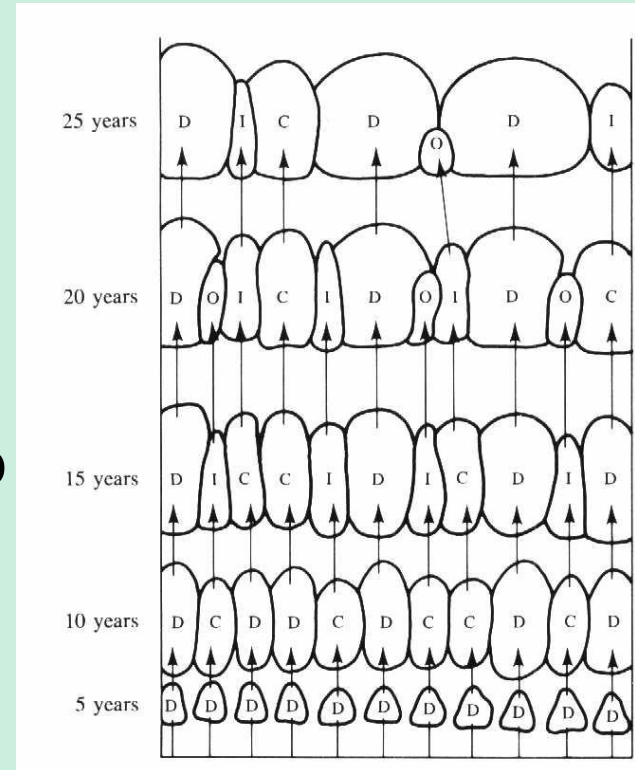
-Índice de Sitio\*: altura media (m) de los árboles dominantes a la edad índice (años).

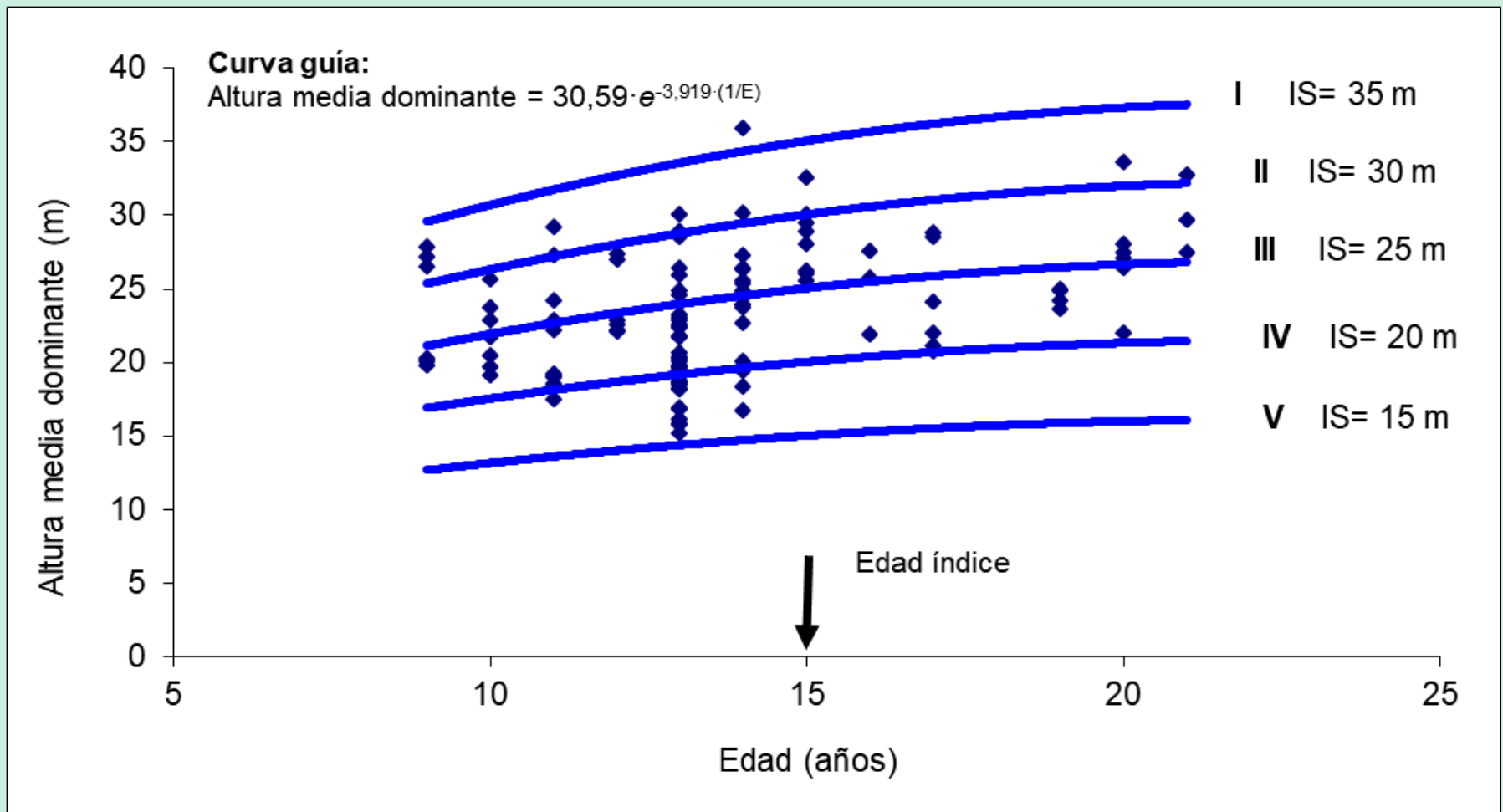
(\*) Algunos autores la consideran como un indicador directo, en tanto que otros lo clasifican como indicador indirecto; en el curso lo definimos como indirecto.

-El método se aplica para rodales monoespecíficos y coetáneos.

-Los cálculos se obtienen a partir del promedio de las alturas de los árboles dominantes del rodal y su edad correspondiente

-Los datos se sintetizan en la forma de *curvas índice de sitio*, definidas por la *altura índice* alcanzada en una edad de referencia o *edad índice*.





Curvas índice de sitio anamórficas para *E. globulus* en el sudeste de Buenos Aires; edad índice = 15 años.

# Calidades de sitio para Pinos en Misiones:

## Limitantes edáficas determinadas por:

- reducción de la profundidad efectiva de enraizamiento por cercanía o afloramiento de la roca madre.
- por drenaje (excesivamente drenados, drenaje impedido - hidromórficos)

## Ej. Índices de sitio (IS) para *P. elliotii* (edad de referencia 15 años) en Misiones:

**17 m: suelos pedregosos superficiales (clase de sitio V)**

**25 m: suelos rojos profundos, bien drenados (clase de sitio I)**

# Calidades de sitio para *Populus spp.* en el Delta:

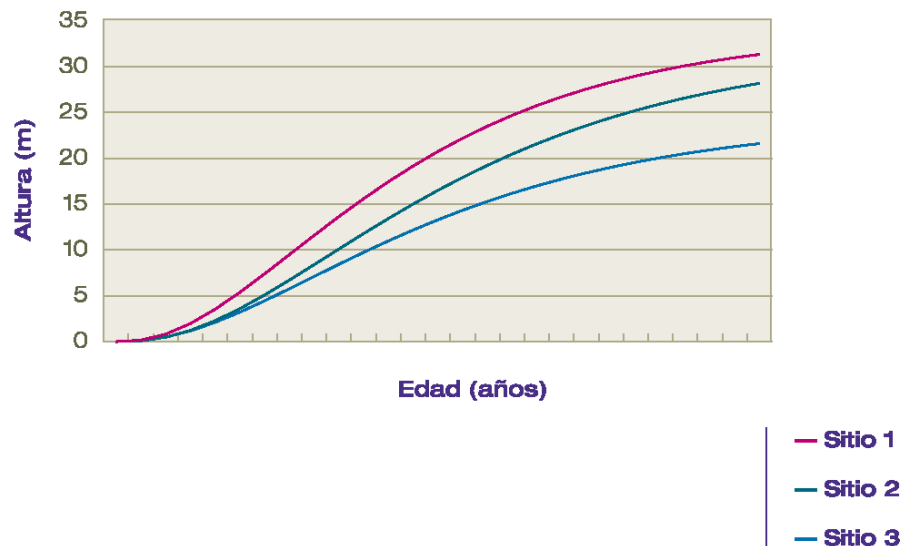
-las clases de sitio están dadas principalmente por la profundidad efectiva de enraizamiento, determinadas a su vez por el manejo del agua (endicamientos) y la posición en el relieve (albardón, semialbardón, pajonal)

Ej. *P. deltoides*

'Catfish 2' (edad base 8 años)

Figura 1

*Populus deltoides* cv *Catfish 2*.



**sitio 1:** albardón o semialbardón, con dique, textura franca gruesa, moderadamente bien drenados y prof. efectiva mayor a 60 cm

**sitio 2:** albardón, semialbardón o bañado, con dique, textura franca gruesa, moderadamente drenados y prof. efectiva de 30-60 cm

**sitio 3:** albardón, semialbardón o bañado, con o sin dique, textura franca gruesa, deficientemente drenados y prof. efectiva menor a 30 cm

# Indicadores indirectos

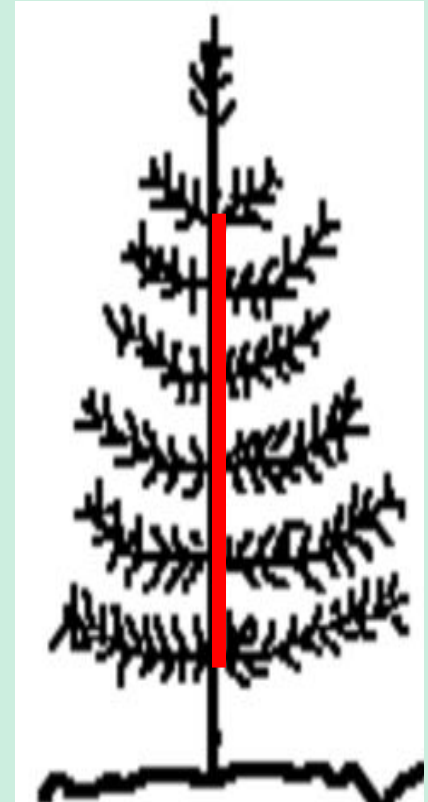
-incrementos periódicos en altura – métodos de intercepción:

Utilizan como indicador al crecimiento en altura de los árboles dominantes pero durante un período acotado.

Tienen mayor aplicabilidad en aquellas especies que demarcan los períodos de crecimiento en altura mediante verticilos de ramas (Ej. *Araucaria angustifolia*; *P. radiata*).

Generalmente el período de inicio coincide, o está por encima del DAP; es frecuente que se midan 5 incrementos sucesivos

La medida de los incrementos puede usarse directamente como indicador (*crecimiento periódico índice*) o emplearse para la estimación del índice de sitio



# Indicadores indirectos

## -Índices de vegetación:

Categoría amplia que incluye métodos diversos, aunque en todos los casos basados en la relación entre la calidad de sitio y las especies de la comunidad vegetal existentes en el mismo.

-indicadores basados en las especies presentes en el sotobosque (es un índice indirecto pero con presencia de la especie cultivada)

-indicadores basados en el índice de sitio de especies arbóreas presentes pero diferentes a la que se quiere cultivar (ej. encontrando la relación funcional entre los dos índices de sitio,  $IS1 = f IS2$ )

-indicadores basados en especies de comunidades no arbóreas.



# Ejemplo: especies indicadoras en la Depresión del Salado



Pelo de chancho (*Distichlis spicata*)

Espadaña (*Zizaniopsis bonariensis*)



Duraznillo (*Solanum glaucophyllum*)

# Indicadores indirectos

-Índices ambientales: basados en factores topográficos, climáticos y / o edáficos.

También se trata de una categoría amplia de índices.

-son métodos que indagan en la relación entre el índice de sitio de una especie y los niveles de los factores ambientales del sitio. Los más frecuentes son con factores edáficos

-esta asociación se estudia en general mediante técnicas de regresión múltiple

-las ecuaciones permiten estimar el índice de sitio a partir de variables predictoras, por ejemplo el espesor del horizonte A en el suelo (*índice de sitio edáfico*).

Ver: Índice de Productividad para *E. globulus* (J. Culot, 2000)





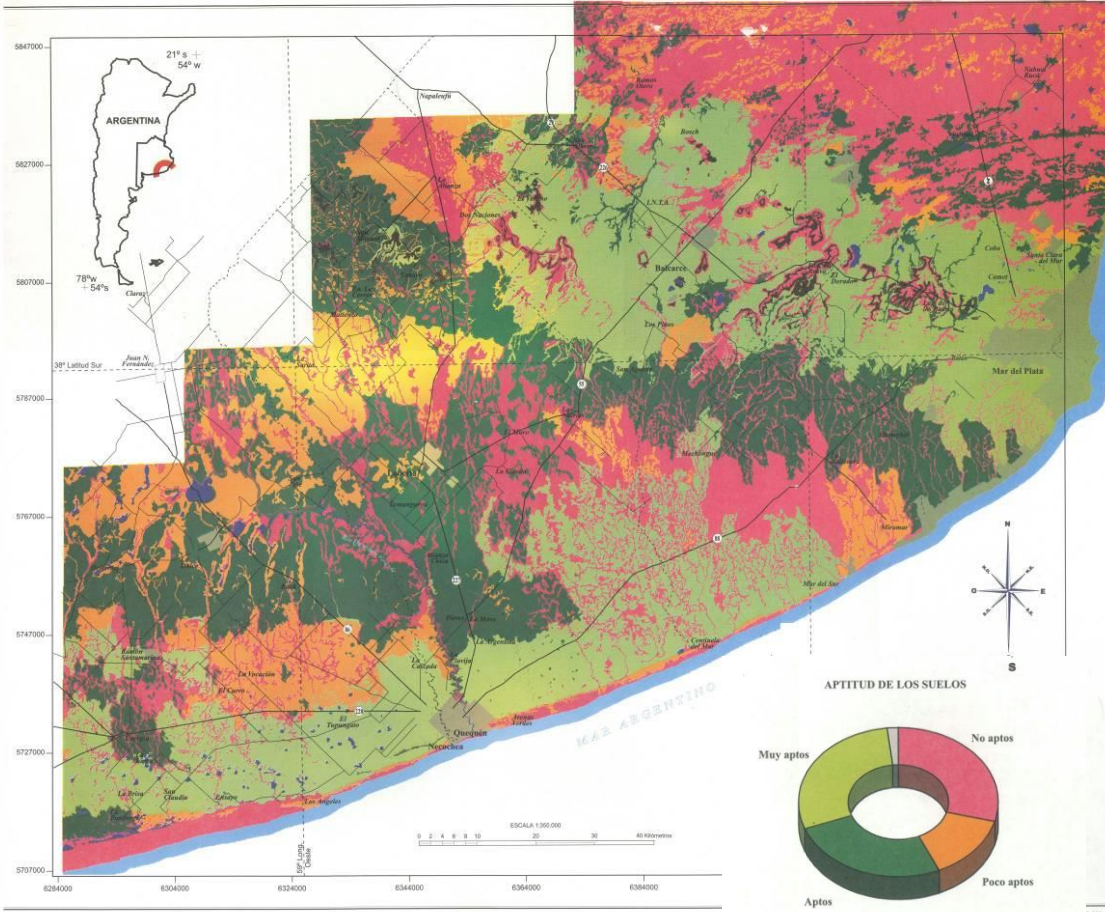
# Ejemplo: Parámetros edáficos aplicados a la zonificación del SE bonaerense por aptitud para *E. globulus*



SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

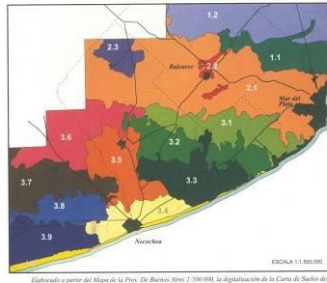


MAPA DE APTITUD DE SUELOS PARA EUCALYPTUS GLOBULUS



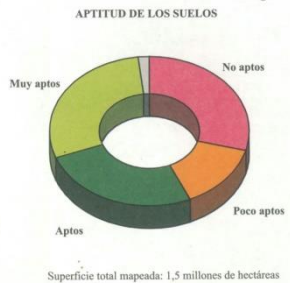
Jean Ph. Culot y Guillermo Dillon (1998)

MAPA DE SUB-REGIONES DE SUELOS



Inventario de superficies por sub-región

SIMBOLOGIA	SUB-REGION	CARACTERIZACION DE LA UNIDAD	HECTAREAS	% NO APTOS / POCO APTOS	% APTOS / MUY APTOS
<b>Línea de domos</b>					
1.1	Cebos discretos de lomas	En las lomas hay suelos profundos, fuertemente ácidos en superficie, y suaves y con riego de hidroclima empíndico, agraciado en 1.2. En las áreas planas los suelos son mal drenados, alcalinos y ácidos desde la superficie.	8236	40	35
1.2	Amplata con mesetas		13784	95	5
<b>Cerros serras de Tandis</b>					
2.1	Serra y valles interseras	Suelos profundos, netamente agrícolas. La principal limitante es la profundidad efectiva, por presencia de toca.	36556	28	80
2.2	Ampliada	Suelos con características hidroclimáticas, en las partes depauperadas de un paisaje regional ondulado. Actúan como colectores de escorrentía.	10342	85	35
2.3	Plata de concha	Suelos de terraza fluvial con drenaje intermediano lento y menor proporción de suelo. Presenta difusas grades de horizontes. Presenta tocas de tipo endorreico.	32333	95	5
<b>Pampa interseras</b>					
3.1	Denegar sur de la Tandis	Suelos agrícolas, en un paisaje plano. La principal limitante son las sumas reducidas y la presencia de toca.	10785	15	85
3.2	Planaje red fonda	Suelos ganaderos, con severas limitaciones de drenaje, con presencia de toca a poca profundidad.	90087	85	15
3.3	Planaje con sumera lenta	Zona de aptitud contrastante, con numerosos sectores mal drenados y ondulados con partes altas con suelos profundos.	103723	30	70
3.4	Planaje con sumera ondulada	Suelos agrícolas, de textura media arcillosa que 3.1. La única limitante es la presencia de toca en algunos partes.	93885	5	95
3.5	Lomas granada con toca	Suelos agrícolas, con mayor proporción de suelos con toca y paisaje más ondulado que 3.4.	93881	25	75
3.6	Planaje con toca y cubos	Principalmente suelos sumeros sobre tocas (20-80 cm), con una red de drenaje de tipo endorreico.	115495	90	20
3.7	Relieve ondulado o toca profunda	Suelos agrícolas, con toca en profundidad y vías de drenaje bien definidas.	101463	25	75
3.8	Planaje ondulado con toca	Suelos marginalmente agrícolas, con frecuentes megamontañas agraciadas por la presencia de toca (50-100 cm). Hay frecuentes lomas con suelos profundos.	57599	85	15
3.9	Relieve ondulado o vías de drenaje	Suelos de terraza baso-arenosa, con horizontes carbonílicos débiles. Presenta lomas, presencia de tocas con alta proporción de arena fina, que disminuyen la humedad de humedad.	79576	15	85
<b>Cerros de duna</b>					
4.0	Médica viva y fijas	El relieve es fuertemente ondulado. En algunos sectores puede llegar a los 3 kilómetros de ancho.	24877	100	
<b>Misceláneas</b>					
			42356		
<b>TOTAL</b>			1.557.558	88.110 Ha	83.854 Ha



# Cambios en calidad a escala de meso y micrositio para *E. globulus* en el SE de Buenos Aires.





# Cambios en calidad a escala de meso y micrositio para *E. globulus* en el SE de Buenos Aires.



# Cambios en calidad a escala de meso y micrositio para *E. globulus* en el SE de Buenos Aires.



# Tabla comparativa de indicadores

Indicador	Ventajas	Desventajas
<b>Directo</b> <b>Registros históricos de rendimiento</b>	-constituyen la medida más lógica de la calidad de un sitio	-necesitan de la existencia (actual o en el pasado) de la especie de interés -las mediciones históricas deben haberse efectuado con metodologías compatibles con las actuales -los resultados de distintas campañas pueden haber cambiado debido a modificaciones genéticas, de las prácticas culturales y de las técnicas de aprovechamiento -las mediciones de volumen son costosas
<b>Volumen actual del rodal</b>	-es una medida directa de calidad de sitio, aunque sin el valor promedio de una serie histórica	-necesitan de la existencia (actual o en el pasado) de la especie de interés -las densidades, genotipos y tratamientos culturales deben ser comparables entre sitios -las mediciones de volumen son costosas

<b>Indirecto</b>		
<b>Altura media de árboles dominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- en general de alta correlación con el potencial de crecimiento en volumen de madera</li> <li>-mediciones más sencillas que en el caso del volumen</li> <li>-es uno de los indicadores más usados y difundidos de calidad de sitio</li> <li>-en muchas especies no es afectada por variaciones de la densidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-necesitan de la existencia (actual o en el pasado) de la especie de interés</li> <li>-en algunas especies la altura media de los dominantes es afectada por la densidad del rodal</li> </ul>
<b>Incrementos periódicos en altura – métodos de intercepción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-las mediciones de incrementos periódicos son sencillas</li> <li>-en rodales jóvenes brinda estimaciones similares al índice de sitio</li> <li>-el incremento periódico índice no requiere de la determinación de edad del rodal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-necesitan de la existencia (actual o en el pasado) de la especie de interés</li> <li>-en rodales maduros el indicador pierde precisión respecto del índice de sitio</li> </ul>
<b>Índices de vegetación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-pueden usarse cuando la especie a cultivar está ausente en el sitio, o cuando los bosques son todavía jóvenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-tienen aplicación en general sólo en la región en la cual se desarrollaron</li> <li>-muchas veces el grado de asociación con la productividad es relativamente bajo</li> </ul>
<b>Índices ambientales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-pueden usarse cuando la especie a cultivar está ausente en el sitio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-muchas veces el grado de asociación con la productividad es relativamente bajo</li> </ul>



# La calidad de sitio y la capacidad productiva del sitio:





































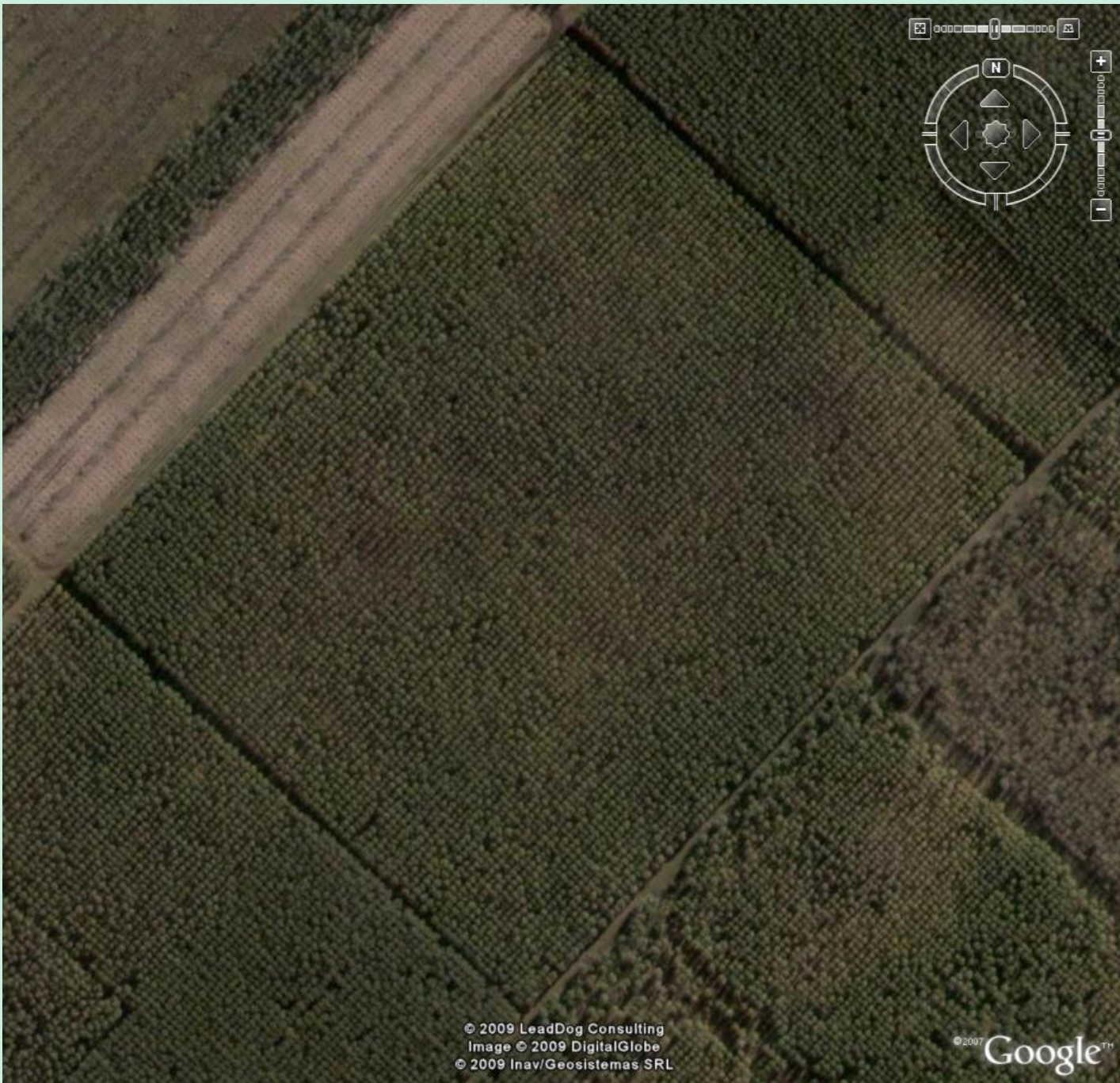
© 2009 LeadDog Consulting  
Image © 2009 DigitalGlobe  
© 2009 Inav/Geosistemas SRL

©2007 Google™

Puntero 35°12'52.51" S 60°19'10.65" O elev. 65 m Secuencia ||||| 100% Alt. ojo 1.29 km







© 2009 LeadDog Consulting  
Image © 2009 DigitalGlobe  
© 2009 Inav/Geosistemas SRL

©2007 Google™

# La calidad de sitio

## consideraciones desde la perspectiva del manejo sustentable

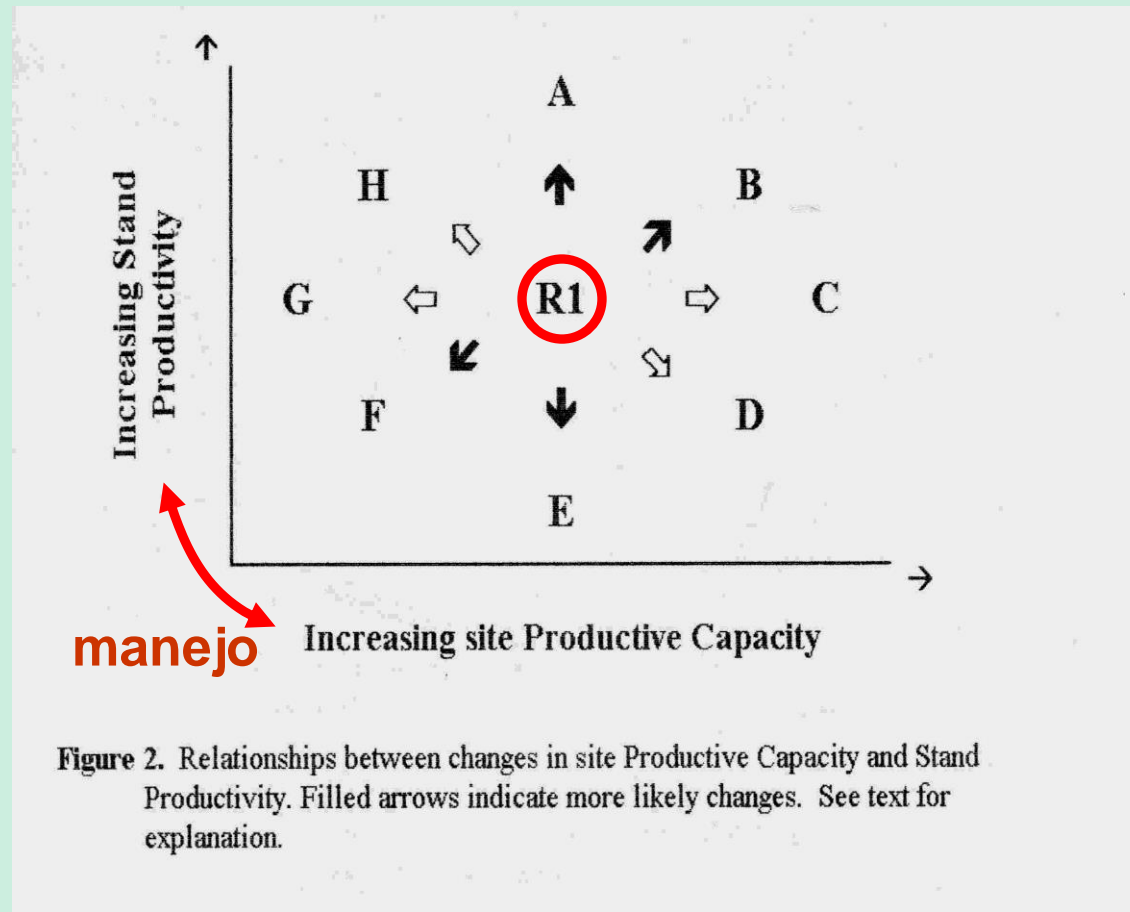


Figure 2. Relationships between changes in site Productive Capacity and Stand Productivity. Filled arrows indicate more likely changes. See text for explanation.

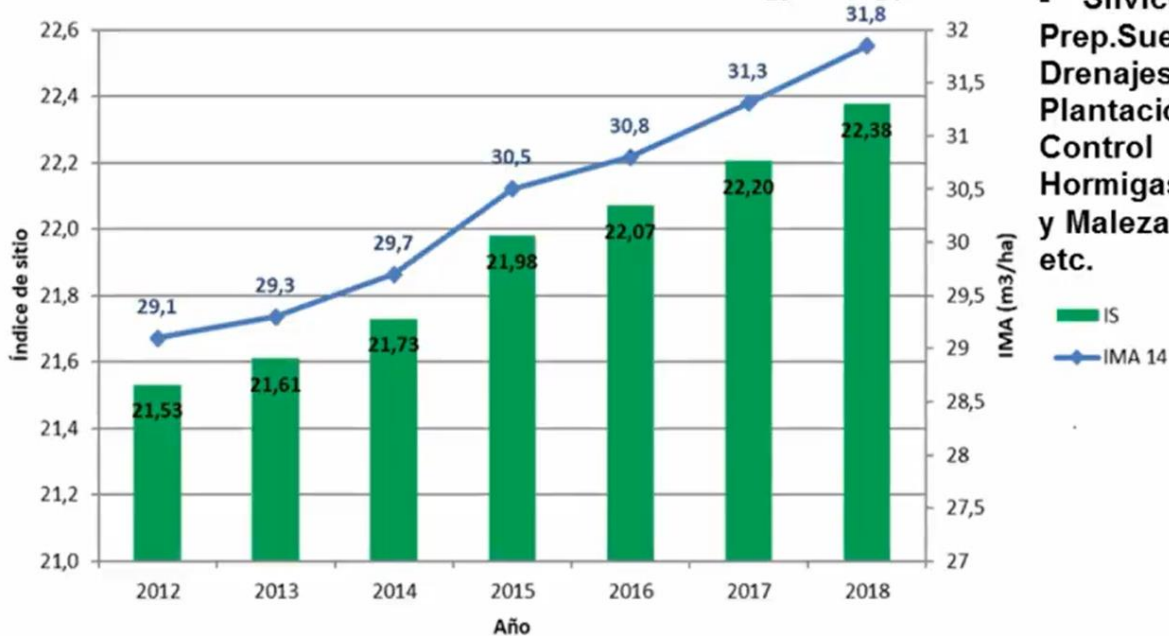
tomado de: Snowdon (2000)

# Cambios en productividad ¿cambios en capacidad productiva?

## EVOLUCIÓN IS – AÑO EN BDP

Pulsa  para salir del modo de pantalla completa

### Evolución IS Patrimonio Bdp (IS<sub>15</sub>-IMA<sub>14</sub>)



- Material Genético
- Calidad Planta
- Silvicultura
- Prep.Suelo,
- Drenajes
- Plantación,
- Control
- Hormigas
- y Malezas,
- etc.



Nuevo esquema de Manejo para clones (Clon 99)  
Poda: 3.5 años  
Raleo: 7 años – Tala Rasa (15 años – Producto Laminable, clear)

Se calcula a nivel de Polígono por año (Datos Inventario – Parcelas Permanentes)  
IS = Altura dominante 100 árboles de mayor DAP/ha. Asociada a la productividad de los sitios

Clon de *P. taeda*: el programa originó en 1996 seleccionando árboles plus de las plantaciones operativas (origen Marion, USA) y actualmente está en clones propios.

Evolución de indicadores de calidad de sitio en rodales de *Pinus* spp. de Bosques del Plata, Provincia de Corrientes (Gráfico y foto: R. Schenone).



la calidad de sitio es una característica dinámica más bien que estática, y por tanto puede incrementarse o disminuirse.

La calidad de sitio SE VISUALIZA A TRAVÉS DEL RENDIMIENTO pero SE FUNDAMENTA EN EL NIVEL DE LOS RECURSOS PRODUCTIVOS DEL SITIO (capacidad productiva).

Como el rendimiento NO SOLO DEPENDE DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA, NO SIEMPRE refleja el nivel de los recursos productivos (Ej. si cambia la genética).

**POR LO TANTO:** El mantenimiento de la productividad no necesariamente significa el mantenimiento de la capacidad productiva de un sitio (importante para evaluar sustentabilidad)

## Algunos antecedentes para nuestro País:

1-Curvas de índice de Sitio para *Pinus ponderosa* (Dougl.) Law de aplicación en la región Andino Patagónica de Chubut y Río Negro, Argentina.



2-Desarrollo de funciones de índice de sitio para *Eucalyptus grandis* cultivado en la Mesopotamia argentina.

