

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Eucalyptus smithii*  
EN URUGUAY

por

Mariana GONZÁLEZ VILCHE

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017

Tesis aprobada por:

Director: .....

MSc. Ing. Agr. Forestal Guillermo Morás

.....

Ing. Agr. Forestal Rafael Escudero

.....

MSc. Ing. Agr. Forestal Fernando Irisity

Fecha: 14 de julio de 2017

Autor: .....

Mariana González Vilche

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi familia y amigos quienes siempre me han brindado apoyo y cariño incondicional para poder hacer esta carrera que siento como vocación.

A mis minions quienes me acompañaron y ayudaron a coleccionar los datos de campo, a mi tutor Guillermo quien me recibió siempre con la mejor disposición guiándome y aportando a este trabajo con su gran experiencia.

A las empresas FORESUR, FAS, UPM y productores quienes aportaron información y sus predios para poder realizar las mediciones y recabar la información para llevar a cabo esta investigación.

Por último quisiera agradecer al tribunal y a biblioteca por sus correcciones que enriquecen al trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	V
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. DESCRIPCIÓN DE <i>Eucalyptus smithii</i> .....	3
2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS 2 EN URUGUAY.....	5
2.2.1. <u>Suelos 2.11 a</u> .....	5
2.2.2. <u>Suelos 2.12</u> .....	5
2.3. ÍNDICE DE SITIO.....	6
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	6
3.1. ETAPA 1: GABINETE.....	10
3.1.1. <u>Georreferenciación de los predios</u> .....	10
3.1.2. <u>Establecimiento de parcelas</u> .....	10
3.1.3. <u>Mediciones</u> .....	11
3.1.3.1 Circunferencia a la altura del pecho (CAP).....	11
3.1.3.2. Altura.....	11
3.1.3.3. Corteza.....	12
3.2. ETAPA 2: MEDICIONES DE CAMPO.....	14
3.3. ETAPA 3: PROCESAMIENTO DE DATOS.....	14
3.3.1. <u>Volumen</u> .....	15
3.3.2. <u>Factor de corteza</u> .....	15
3.3.3. <u>Factor de expansión</u> .....	16
3.3.4. <u>Porcentaje de mortandad</u> .....	16
3.3.5. <u>IMA</u> .....	16
3.3.6. <u>Índice de sitio</u> .....	17
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	17
4.1. ESTUDIO DASOMÉTRICO Y DE ADAPTABILIDAD.....	18
4.2. ANÁLISIS DEL ESTADO SANITARIO.....	19
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	19
6. <u>RESUMEN</u> .....	27
7. <u>SUMMARY</u> .....	31
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	33
9. <u>ANEXOS</u> .....	

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Datos de sobrevivencia de <i>Eucalyptus smithii</i> .....	21
2. Parámetros utilizados para la construcción del índice de sitio.....	25
3. Correspondencia de curvas con índices de sitio. ....	25
Figura No.	
1. Fotografías de <i>Eucalyptus smithii</i> .....	3
2. Distribución natural de <i>Eucalyptus smithii</i> en Australia.....	4
3. Índice de sitio para <i>Eucalyptus grandis</i> y <i>Pinus elliotii</i> para Suelos de Uruguay.....	7
4. Esquema de factores que influyen en la calidad de un sitio.....	8
5. Índice de sitio forestal para pino insigne.....	9
6. Relascopio de Bitterlich.....	13
7. Medidor de corteza Haglof.....	14
8. Enmalezamiento en plantación de <i>Eucalyptus smithii</i> .....	22
9. <i>Eucalyptus smithii</i> con síntomas de <i>Phytophthora</i> .....	28
10. Árbol apeado con síntomas de <i>Phytophthora</i> . ....	28
11. <i>Eucalyptus smithii</i> con manchas de <i>Teratosphaeria nubilosa</i> .....	29
12. <i>Eucalyptus smithii</i> con presencia de <i>Glycaspis</i> .....	30
Gráfico No.	
1. Altura en función de DAP con corteza de <i>Eucalyptus smithii</i> .....	19
2. IMA en función de la edad.....	20
3. Tasa de mortandad (%) en función a la pendiente.....	21
4. Altura de árboles de 1 año en función de la pendiente.....	23
5. Altura de árboles de 4 y 5 años en función a la pendiente.....	24
6. Índice de sitio para <i>Eucalyptus smithii</i> en los suelos No. 2 de Uruguay.....	26

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a datos oficiales, Uruguay cuenta con más de un millón y medio de hectáreas (ha) de bosque. De las mismas 1.062.000 ha son de bosques implantados con eucaliptos, pinos y salicáceas (MGAP. DGF, 2015).

El incremento de la superficie de bosque se manifestó de manera explosiva gracias a la ley 15.939, la cual brindaba incentivos para instalar el rubro en el país, proteger al bosque nativo, y establecer los suelos de prioridad forestal en nuestro país (MGAP. DGF, 2015).

En un principio los suelos en los cuales se podía realizar plantaciones eran los No. 7 pertenecientes a las areniscas de Tacuarembó en el centro y noreste del país, los suelos No. 9 en el litoral, formación Mercedes y los suelos No. 8 formación San Gregorio en el departamento de Cerro Largo. En 1993 se realizó una reforma de la ley, decreto 26/993, en la cual se incluye a los suelos cristalinos del sur o suelos No. 2, añadiendo así un 45% más de suelos de prioridad (MGAP. DGF, 1993).

Para el año 2012, de la superficie implantada de bosque aproximadamente el 50 % es de *Eucalyptus globulus* (MGAP. DGF, 2015). El mismo se encuentra en el sur del país y durante todos estos años es el que ha tenido mejor precio en el mercado debido a su mayor rendimiento pulpable y a menor costo de blanqueado para el procesamiento de pulpa Kraft (Jacobs, 1981).

En 2008 se reporta en el país un hongo patógeno; *Tereatosphaeria nubilosa* que ataca la hoja juvenil de *Eucalyptus globulus* (Pérez et al., 2009). Este causa mancha foliar, defoliación, pérdida de crecimiento e incluso muerte de los árboles (Pinkard, 2005). Gonzalez<sup>1</sup> afirma de acuerdo a datos de cosecha e inventario que el IMA en de *Eucalyptus globulus* luego de 2008 es de 13 m<sup>3</sup>/ha/año.

Ante el quiebre de resistencia de *Eucalyptus globulus* las empresas buscan nuevas especies para reemplazarlo, entre ellas se encuentra *Eucalyptus smithii*, el cual se está ensayando en plantaciones piloto.

---

<sup>1</sup> González, S. 2017. Com. personal.

El presente trabajo tiene como objetivo general caracterizar el crecimiento y adaptabilidad de *Eucalyptus smithii* en los suelos No. 2 del país.

Los objetivos específicos son:

- medir el volumen de árboles de diferente edad
- establecer factor de forma.
- estimar un IMA (incremento medio anual)
- evaluar estado sanitario y adaptabilidad
- construir un índice de sitio de *Eucalyptus smithii* para los suelos 2 del país.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. DESCRIPCIÓN DE *Eucalyptus smithii*

*Eucalyptus smithii* R.T Baker es una especie arbórea de gran porte que lleva su nombre por un químico australiano H.S. Smith, el cual dedicó sus esfuerzos al estudio de aceites esenciales en esta especie. *Eucalyptus smithii* se caracteriza por su corteza asurcada persistente de color castaña oscura. Presenta dimorfismo foliar; sus hojas juveniles son sésiles y opuestas, mientras que las adultas son lanceoladas alternas, de color verdes pálidas y muy aromáticas. Las flores se encuentran en inflorescencias simples axilares, los frutos son globosos pedicelados de pequeño tamaño (Brussa, 1994).

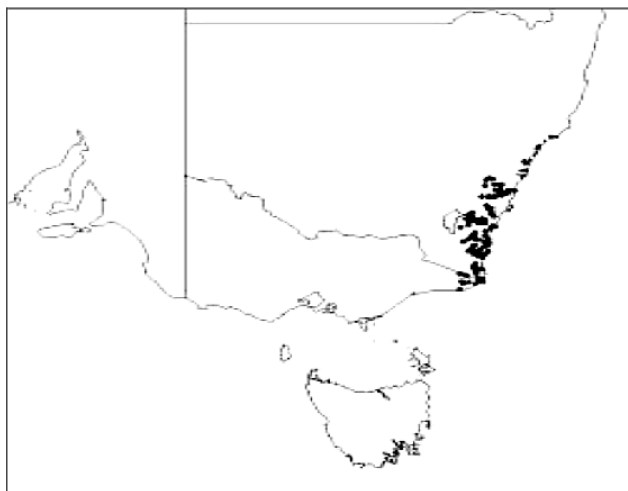
Figura 1. Fotografías de *Eucalyptus smithii*.



Esta especie es nativa del sur este de Australia, desde Nueva Gales extendiéndose hasta Victoria. Se encuentra en áreas costeras y continentales, con altitudes que van desde 50 msnm a 1.150 msnm. Es de clima templado a frío, de húmedo a subhúmedo. Su resistencia a las heladas depende de su origen, habiendo algunos que soportan más de 100 eventos al año. El régimen de precipitaciones de su origen es uniforme de 750 a 1.700 mm anuales (Jacobs 1981, Schiller y Schiller 2008, Fabroski et al. 2013).



Figura 2. Distribución natural de *Eucalyptus smithii* en Australia.



Esta especie es muy cultivada para la producción de aceites esenciales debido a su alto contenido en cineol (75-84%) y se desea incluir en plantaciones con destino de celulosa debido a su resistencia a las heladas, pudiendo ser plantada en terrenos bajos o en meses fríos (Boland et al., 1991).

Clarke et al., citados por Fabrowski (2013), citan estudios comparativos de nueve especies de eucalipto: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus macarthuri*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus fastigiata*, *Eucalyptus fraxinoides*, *Eucalyptus oreade* y *Eucalyptus smithii*. Estos autores concluyen que *Eucalyptus smithii* presenta mayor tenor de celulosa (=56%), mayor rendimiento pulpable Kraft (=51%), menores consumo de álcali (60-61%) mayor brillo ISO (=30-32%) y menor número Kappa (=13-14%). *Eucalyptus smithii* presentó 50% de fibra, 20% de lignina, 19% de pentosas y las densidades más altas 0.525-0.570 kg/m<sup>3</sup>.

Uranga (2009) evaluó la resistencia de heladas de varias especies de eucalipto, en suelos tipo 9. De acuerdo a sus resultados *Eucalyptus smithii* tuvo malos crecimientos en diámetro y altura, lo que llevó a que sea la especie con peores valores de volumen individual en comparación a otras especies del ensayo. La sobrevivencia promedio de la especie, también mostró ser baja. Por tanto, el volumen aparente por hectárea, resultó ser el más bajo de todas las especies evaluadas (un 47% inferior a *Eucalyptus benthamii*). A su vez fue la especie en la cual se constató mayor proporción de defectos graves de crecimiento. Lo previamente mencionado infiere que esta especie no se encuentra bien adaptada a las condiciones de esos sitios.

A su vez Uranga (2009) en su trabajo evaluó diferentes orígenes de las especies estudiadas y para el caso de *Eucalyptus smithii* concluyeron que era el más variable en cuanto a orígenes para el sitio estudiado, y que el origen de más al Sur, proveniente de Victoria, fue el que mejor crecimiento tuvo por hectárea, asociado a una mejor sobrevivencia. Los autores concluyen que puede encontrarse asociado a que esta especie tiene mayor rango latitudinal y de altura en su origen.

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS 2 EN URUGUAY

En el sur este de Uruguay predominan los suelos superficiales, los mismos se caracterizan por poseer afloramientos de rocas ígneas, metamórficas y efusivas ácidas. Presentan baja fertilidad natural y escasa resistencia a sequía. Es una zona de serranía por lo que se desarrollan pendientes en algunos casos pronunciadas lo que hace que tenga alto riesgo de erosión. La vegetación predominante es pradera estival y monte serrano. Desde el punto de vista económico son suelos con buen potencial para realizar ganadería y forestación (Álvarez y De Souza, 2016).

En cuanto al clima la región sur presenta precipitaciones uniformes y niveles de radiación aceptables. La probabilidad de heladas es menor en comparación con la región norte del país debido a su cercanía a la costa, dando condiciones buenas para la adaptación de especies claves para la producción pulpable (MGAP. DGF y OEA, 1994).

### 2.2.1. Suelos 2.11 a

De acuerdo a la carta CONEAT, estos suelos presentan un paisaje de serranía rocosa con pendientes de 5-20%. Se encuentran en los departamentos de Lavalleja, Maldonado, Rocha y parte de Treinta y Tres. Los suelos predominantes son Brunosoles subéutricos háplicos, de textura arenosa franco gravilosa, los cuales son superficiales y pedregosos. Asociados a estos hay Brunosoles profundos y Litosoles subéutricos melánicos. La vegetación característica es pradera estival y matorrales asociados a estas. El índice de productividad es de 53 (MGAP. DGRN, s.f.).

### 2.2.2. Suelos 2.12

Son suelos de sierras no rocosos (afloramientos menores a 5%), de relieve ondulado a ondulados fuertes (pendiente entre 5-15%). Los suelos son Brunosoles Subéutricos Háplicos y Típicos. Pueden encontrarse asociados con Litosoles. La vegetación predominante es pradera estival con matorral o monte serrano en las zonas cóncavas. Índice de productividad 83 (MGAP. DGRN, s.f).

### 2.3. ÍNDICE DE SITIO

La calidad de los sitios se estima como la máxima cosecha de madera o de biomasa obtenida en un tiempo determinado (Daniel et al., citados por Vallejos y Morás, 2013). Es resultado de la interacción de factores bióticos y abióticos con la vegetación del lugar (Vallejos y Morás, 2013).

Según Thrower, citado por Andenmatten y Letourneau (1998), la calidad de sitio es la capacidad intrínseca del mismo para el crecimiento de una especie siendo su expresión directa la producción obtenida al momento de corta final.,

Según Vásquez y Ugalde (1995), el índice de sitio está definido por un complejo de factores bióticos y abióticos, y su calidad es el resultado de la interacción de los factores ambientales y su vegetación.

Existen dos métodos para clasificar el índice de sitio; el primer método llamado directo, estima el índice utilizando datos de rendimiento en volumen, crecimiento en altura dominante o entre nudos, el otro método indirecto utiliza relaciones entre especies características del sotobosque, factores edáficos, topografía o climáticos (Vásquez y Ugalde, 1995).

El índice de sitio se expresa a través de la altura de los árboles dominantes y codominantes de un rodal, y se mide como incremento medio anual (IMA) de las diferentes especies.

En Uruguay las investigaciones de IMA son primarias pero aun así arrojan información muy valiosa respecto a las condiciones de adaptación ecológica de las especies, pudiendo construir zonificaciones ecológicas-productivas (MGAP y OEA, 1994).

Uno de los estudios que hay de índice de sitio en los suelos de Uruguay, fue construido por la Ing. Agr. Ariana Sorrentino en 1991 para MGAP. DGF. En el mismo evaluó *Eucalyptus grandis* y *Pinus elliottii* (figura 2).

Figura 3. Índice de sitio para *Eucalyptus grandis* y *Pinus elliottii* para suelos de Uruguay.

E. grandis

ZONA	SITIO	CLASIF.	EDAD	H	EDAD	H
NORTE (GRUPO CONEAT 7)	I	A	10	27,5	16	35,06
	II	A	10	25,0	16	32,56
	III	A	10	22,5	16	30,06
LITORAL Y LITORAL-CENTRO (GRUPO CONEAT 8 Y 9)	III	B	10	22,5	16	30,06
	IV	B	10	20	16	27,56
	V	B	10	17,5	16	25,06

P. elliottii

ZONA	SITIO	CLASIFIC.	EDAD	H
NORTE (GRUPO CONEAT 7-8 Y 9.3)	I	A	24	25,59
	II	A	24	22,18
LITORAL Y LITORAL-CENTRO (GRUPO 9 EXCEPTO 9.3)	I	A	24	25,59
	II	A	24	22,18
	III	B	24	19,62

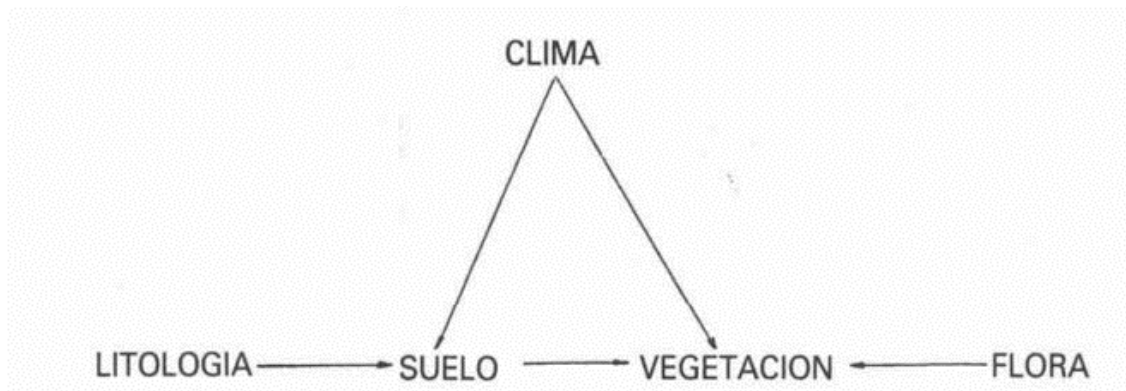
El índice de sitio en este caso fue construido con altura y diámetro de árboles dominantes. De acuerdo con lo concluido por la autora, los suelos 7 son los más adecuados para *Eucalyptus grandis* mientras que *Pinus elliottii* tiene el mismo comportamiento en el litoral como en el norte (Sorrentino, 1991).

Estos ensayos pretenden ejemplificar que el crecimiento de los árboles tiene un componente genético y otro muy influyente con el sitio en el que se desarrollan. Factores como topografía, precipitaciones, heladas, diferencia entre suelos, condicionan el rendimiento, y esto varía entre especies. Es por este motivo que es muy importante realizarlo para cada especie que tenga importancia y pretenda introducirse al país o ser utilizada en plantaciones comerciales.

La capacidad de predecir el crecimiento, estimar futuros rendimientos es fundamental para la toma de decisiones tanto de manejo como económicas, permitiendo a su vez extrapolar información futura. De ahí radica la importancia de la construcción de índices de sitio que reflejen cómo se comportan distintas especies en un sitio (Andenmatten y Letourneau 1998, De Souza et al. 2015).

Según Ortega y Montero (1988), la calidad de sitio está dada por una interacción multifactorial de causas bióticas y abióticas.

Figura 4. Esquema de factores que influyen en la calidad de un sitio



Fuente: Ortega y Montero (1988).

La complejidad de las interacciones y el poco conocimiento ecofisiológico de las mismas, limitan la utilidad de métodos de regresión sencillos que contemplen dicha complejidad. Para sortear esta dificultad se toma la medición de la altura de árboles dominantes como un reflejo del resultado de las interacciones.

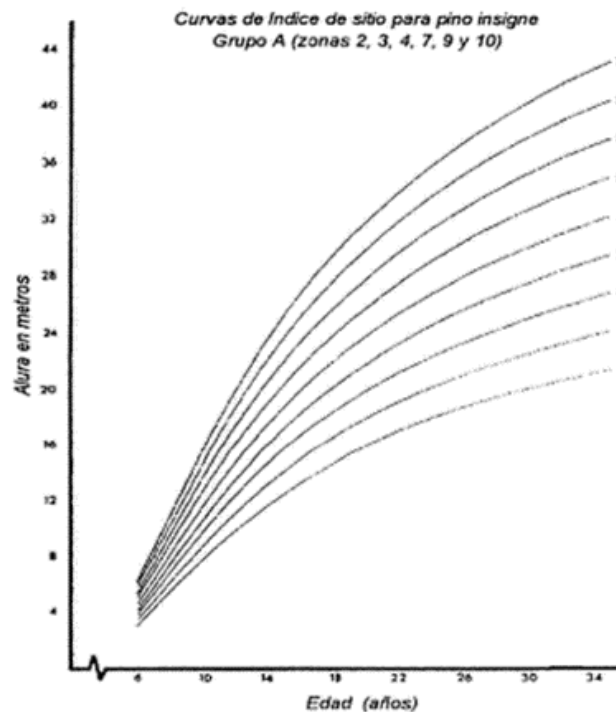
Se define árbol dominante aquellos cuyas copas se extienden sobre el nivel general del dosel superior, recibiendo plena luz desde arriba y parcialmente de los lados. Sus copas se encuentran bien desarrolladas (Chaucharad et al., 2001).

La edad de los árboles medidos también influye en la creación de las curvas para el índice de sitio. Si se toman edades cercanas al turno de rotación es cuando se enlentece el crecimiento y se van a producir menos variantes visibles en las curvas. Mientras que si se toma como referencia la mitad de la edad de rotación, se puede conocer la estación en masas jóvenes y predecir la próxima mitad del turno (Ortega y Montero, 1988).

Para crear el índice de sitio se construyen curvas que presentan diferente altura y se las indica con números romanos. Estos representan diferentes calidades de sitio.

Uno de los métodos tradicionales de construir un índice de sitio es el de la curva guía (figura 4). El mismo traza una curva de relación altura dominante vs edad y a partir de esta, se deriva por el principio de proporcionalidad constante el resto de las funciones (Prodan et al., 1997).

Figura 5. Índice de sitio forestal para pino insignis.



Fuente: Prodan et al. (1997).

Se toma la altura dominante para definir el índice de sitio ya que es una característica fácil de medir, altamente correlacionada con el volumen, y que se ve poco afectada con la densidad del rodal (salvo casos extremos, Sorrentino, 2010).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La obtención de datos de crecimiento de *Eucalyptus smithii* se realizó en tres etapas:

- Trabajo de gabinete. En esta etapa se definieron los objetivos, se buscó bibliografía y se planificó como se llevaría a cabo el trabajo.
- Etapa de campo. En esta segunda instancia se delimitaron las parcelas y se hicieron las correspondientes medidas de CAP (circunferencia a la altura del pecho) y altura total (H).
- Procesamiento de datos. En esta última etapa se ingresó la información obtenida a campo y fue procesada utilizando programas estadísticos como EXCEL e INFOSTAT.

#### 3.1. ETAPA 1: GABINETE

Se comenzó el trabajo estableciendo contacto a las empresas forestales y productores de la zona, los cuales proporcionaron los predios para realizar las mediciones. Se les solicitó datos como; fecha de plantación, superficie del monte, origen de semilla y los padrones del establecimiento para determinar ubicación y tipo de suelo.

##### 3.1.1. Georreferenciación de los predios

Se ingresaron los padrones a Prenader para obtener datos acerca del tipo de suelo, en el que se encuentran los montes, la topografía y el índice de productividad

Una vez que se contó con el mapa de suelos se los georreferenció con la ayuda de Google Earth, para conocer la accesibilidad de los mismos mediante la obtención de las coordenadas geográficas.

### 3.1.2. Establecimiento de parcelas

Los *Eucalyptus smithii* que se encuentran en la zona son plantaciones piloto a modo de evaluar su adaptación, por lo que no se cuenta con grandes superficies (menos de 40 ha), esto resulta como limitante a la hora de realizar el muestreo.

El tamaño de muestra resulta de la fijación de un valor presupuesto o del establecimiento de un error admisible (Prodan et al., 1997)

Por lo antes expuesto se decidió realizar un valor fijo de 5 parcelas por establecimiento, considerando que es un número de muestra representativo para la superficie efectiva. Se optó por un tamaño de parcela de 200 m<sup>2</sup> y forma rectangular, resultando más adecuada debido a que se puede utilizar el marco de plantación, facilitando el trabajo cuando se trata de una sola persona.

$$N = CV^2 \cdot T^2 / E^2$$

**N:** número de parcelas

**CV:** coeficiente de variación

**T:** t student

**E:** error asumido

Para t student se estableció 95% de confianza, 4 grados de libertad y se asumió un error de 6%.

Los principales errores que se tienen a la hora de establecer las parcelas son; errores de diseño, operacionales, de determinación de superficies y de procedimiento (Prodan et al., 1997).

### 3.1.3. Mediciones

#### 3.1.3.1. Circunferencia a la altura del pecho (CAP)

Para obtener la información de crecimiento se midió circunferencia a la altura del pecho (CAP) y altura de todos los árboles dentro de la parcela.

La medición de la circunferencia fue realizada con cinta métrica clásica. Este instrumento presenta la ventaja de ser flexible y sumamente sencillo de manipular sobre todo cuando se trata de un solo operario. Se realiza solo una



medición y se debe tener en cuenta que la cinta esté perpendicular al eje del tronco en toda su circunferencia y a 1.30 metros del nivel del suelo. En caso de que el terreno se encuentre inclinado por la pendiente la cinta debe quedar perpendicular al suelo. En árboles de gran diámetro es necesario trabajar con dos operarios o fijar la punta de la cinta al árbol para poder envolver el árbol con ésta sin que se mueva la medida de 1.30 metros del suelo. La cinta efectúa una sola medida y el promedio de los diámetros está implícito en la medida.

Una vez obtenidas las medidas de circunferencia de los árboles, deben realizarse los correspondientes cálculos para pasarlas a medidas de diámetro:  $DAP = CAP/\pi$  (Vallejos y Morás, 2013).

### 3.1.3.2. Altura

Para este trabajo se tuvieron en cuenta dos tipos de alturas;

- **Altura total:** es aquella comprendida entre la base del árbol a nivel del suelo y el tope de la copa.
- **Altura comercial:** se utiliza el dato entre la base del árbol o altura del tocón y el punto más alto del tronco el cual tenga un diámetro comerciable (10- 15 cm para aserradero y 6- 8 cm para pulpa)

Para la medición de altura se utilizaron dos instrumentos dependiendo de la edad de los árboles:

Pértiga graduada: para plantaciones con menos de 2 años se utilizó una vara graduada de 3 m de alto. Este instrumento es sencillo de fabricar y permite realizar mediciones más exactas ya que se coloca al lado del árbol y se toma la lectura.

Reloscopio de Bitterlich: este instrumento puede ser utilizado para medir diámetro, área basal y altura. En este caso solo se utilizó para medir altura.

Presenta tres ventanas de iluminación de forma circular, un botón para controlar el movimiento de las escalas interiores, un objetivo y una barra metálica para controlar el ingreso de luz.

Mirando por el ocular se visualizan dos campos; un superior sin aumento donde se enfocan los árboles y un segundo campo con una escala vertical.

Las escalas se dividen en tres: la de numeración, la cual permite medir la altura, la escala hipsométrica utilizada para medir diámetro, y por último la escala de distancias.

Para realizar lecturas de altura el operador debe colocarse a una distancia predeterminada que puede ser: 20, 25 o 30 m. Una vez que el operador se dispone a la distancia elegida se enfoca un árbol en la base y se fijan las bandas presionando el botón delantero, luego se libera nuevamente y se enfoca la cima, se vuelve a tomar la medida.

El funcionamiento del relascopio se basa en el principio trigonométrico por lo que la altura se obtiene sumando o restando las dos lecturas y el resultado se expresa en metros.

La desventaja principal de este aparato es que la lectura debe ser tomada luego de fijar la banda y esto puede comprometer el equilibrio logrado previamente y la lectura no ser tan exacta (Sorrentino, 2010).

Figura 6. Relascopio de Bitterlich



A pesar de esto, es un instrumento sencillo de manipular, liviano para transportar a campo y brinda medidas muy precisas. Por la necesidad de tener que pararte a 20 m para tomar la lectura fue que se utilizó para árboles que superaban la medida de la vara graduada.

### 3.1.3.3. Corteza

La madera destinada a celulosa se descortezada durante la cosecha, por lo cual es importante medir el espesor de corteza para poder descontarlo en las estimaciones de volumen y llegar a valores aprovechables más exactos.

Se utilizó un medidor de corteza Haglof, este instrumento funciona presionándolo contra el fuste atravesando la corteza, luego se toma la medida.

Del instrumento se destaca que es liviano y fácil de transportar a campo y su sencilla manipulación.

Figura 7. Medidor de corteza Haglof



## 3.2. ETAPA 2: MEDICIONES DE CAMPO

Al arribar al predio primero se establece el marco de plantación ya que puede variar dependiendo si son plantaciones con fines de celulosa o montes de abrigo. Con la ayuda del marco se delimita la parcela utilizando aerosol para señalar los árboles que quedan dentro. Las parcelas fueron elegidas al azar y en el momento se registró las coordenadas de GPS, pendiente y se procedió a medir CAP y altura de todos los árboles.

Las mediciones obtenidas quedaron registradas en planillas junto con anotaciones acerca del estado general del rodal y estado sanitario.

### 3.3. ETAPA 3: PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 3.3.1. Volumen

Volumen total: es la medida comprendida entre la base del fuste y el tope del árbol. Asumiendo que el árbol es un cilindro perfecto este volumen puede medirse con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen aparente} = (\pi/4) * \text{DAP} * L$$

**DAP**: diámetro altura del pecho

**L**: largo del fuste

$$\text{Volumen real Smalian} = \sum (A_i + A_{i+1}) * L$$

$A_i + A_{i+1}$ : áreas de dos extremos sucesivos

En la práctica se ha observado que la forma de los fustes es de un paraboloides truncado que posee un contorno longitudinal ligeramente convexo y que la sección transversal en el punto medio es un promedio de los extremos. Dada estas condiciones se utiliza la fórmula de Smalian acumulado para calcular el volumen real de estos árboles.

Se tomó un árbol de tamaño promedio y se apeó, de este se tomaron las medidas de circunferencia cada un metro. Luego se calculó el volumen aparente con la fórmula de cilindro utilizando el diámetro y se calculó el volumen real del árbol mediante la fórmula de Smalian previamente mencionada.

Una vez que se tenían los dos volúmenes del mismo árbol se procedió a calcular el factor de forma:

$$\text{Factor de Forma} = \text{Volumen real árbol tipo} / \text{Volumen aparente}$$

El resto de los árboles se cubican con la fórmula de volumen aparente a partir del diámetro y altura total. Luego se corrigen mediante el factor de forma calculado para el árbol tipo, dando como resultado datos de volumen real (Sorrentino, 2010).

$$\text{Volumen real} = \text{Volumen aparente} * FF$$

### 3.3.2. Factor de corteza

Existe una relación lineal entre la corteza y el DAP y esta se expresa a través del cálculo del factor de corteza ( $k$ ). Su utilidad práctica radica en la utilización de este factor para descontar la corteza a cualquier medida de diámetro con la siguiente formula:

$$DAP_{sc} = k . DAP_{cc}$$

$K$  = factor de corteza

$DAP_{sc}$  = diámetro a la altura del pecho sin corteza

$DAP_{cc}$  = diámetro a la altura del pecho con corteza

$$K = DAP_{sc} / DAP_{cc} = \text{Volumen real} / \text{Volumen aparente}$$

Según Loetsch, citado por Vallejo y Morás (2013), el factor  $k$  varía entre un 90-94%, estos autores demostraron en un trabajo realizado en pinos de 30 a 130 años que el error en la estimación de corteza es de un 1%.

### 3.3.3. Factor de expansión

El factor de expansión se calcula para proyectar los valores obtenidos en las mediciones de una parcela a los valores en hectárea. El mismo se calcula como el valor en  $m^2$  de una hectárea sobre el tamaño de la parcela.

$$\text{Fac exp} = 10.000 \text{ m}^2 / 200 \text{ m}^2$$

Luego se multiplica el valor de volumen de un árbol o del área basal por el factor de expansión y se obtiene el valor por hectárea (Sorrentino, 2010).

#### 3.3.4. Porcentaje de mortandad

El porcentaje de mortandad refleja los árboles faltantes, se analiza como un índice más que indica cómo se adapta la especie al sitio. Se calcula con la siguiente fórmula para la parcela y luego utilizando el factor de expansión se extrapola a hectárea.

$$\% \text{ Mortandad} = ((1 - n \text{ vivos}) / n \text{ total}) * 100$$

**n:** número de árboles/ha

En este estudio se cuenta con mediciones de diferentes predios y los mismos presentan distinta densidad por lo que el número total no es un valor fijo.

#### 3.3.5. IMA

El incremento medio anual corresponde a la división del rendimiento de la variable de interés por la edad (Vallejos y Morás, 2013).

$$\text{IMA} = \text{Volumen} / \text{edad}$$

### 3.3.6. Índice de sitio

Para la construcción de índice de sitio se optó realizarlo por el método de la curva guía, el cual genera curvas anamórficas (De Souza et al., 2015).

La curva guía se trazó con los datos de crecimiento extraído de las mediciones de las plantaciones comerciales para los suelos no. 2 y luego fueron trazadas el resto de las curvas paralelas partiendo desde el origen.

Se tomó como variable dependiente, la altura de los árboles dominantes y como variable independiente, el tiempo (edad de los árboles).

Se tuvieron en cuenta los siguientes factores para la obtención de datos:

- Los rodales medidos era coetáneos, pero de diferentes edades entre sí.
- Se tomó la altura de los 100 árboles más gruesos en la hectárea (2 árboles por parcela de 200m<sup>2</sup>).

Para construir la curva guía se procedió a seleccionar cuales eran los arboles dominantes de cada parcela. Luego estos fueron ordenados en dos columnas una con el dato de la altura dominante y en la siguiente la edad.

Para realizar el resto de las curvas se debe asumir una edad clave, que generalmente se toma la edad óptima de rotación. En este caso se utilizó 8 años como edad clave ya que es la mayor edad que se cuenta en las mediciones.

Luego se debe determinar cuál es la máxima altura y mínima que ha tenido la especie y establecer rangos de índices de sitio. En este caso se va tomar como rango; IS=2m, IS=4m, IS=8m, IS=14m, IS= 18m. Luego se sustituye la edad hasta obtener la altura planteada para cada IS.

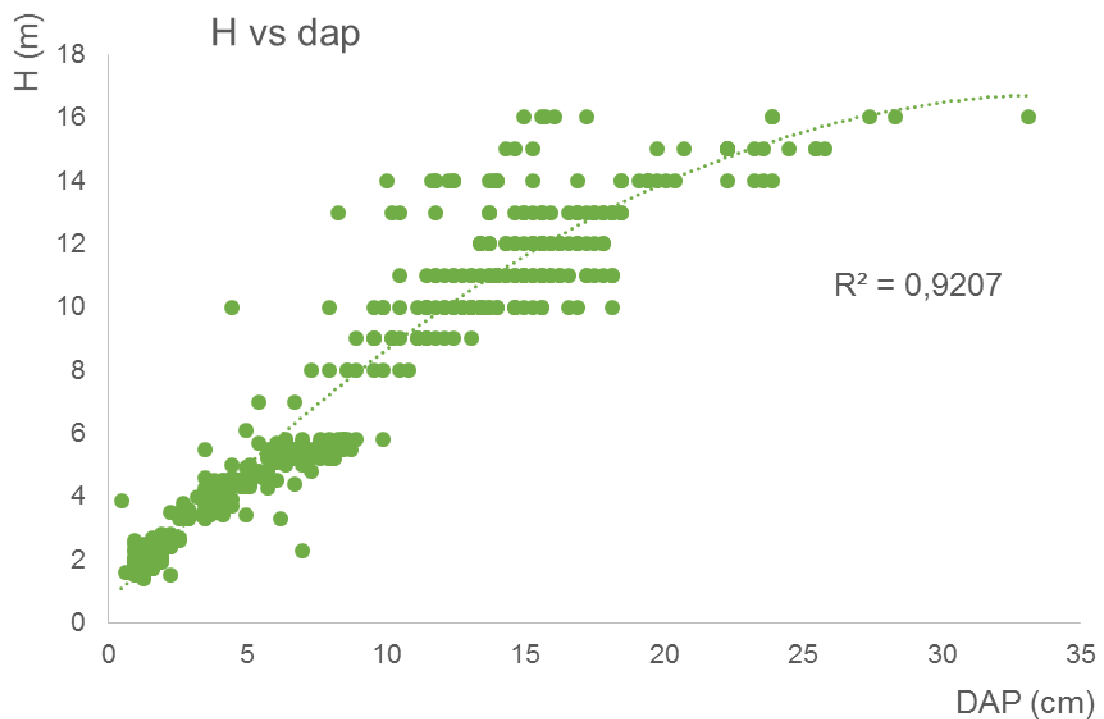
En este trabajo solo se cuenta con un solo tipo de suelo, por lo que se traza la curva guía con los datos hipsométricos y las proyecciones paralelas son modelos teóricos de crecimiento a partir de los datos de crecimiento obtenidos para los suelos 2.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ESTUDIOS DASOMÉTRICOS Y DE ADAPTABILIDAD

Con el fin de observar el crecimiento de la especie se graficó la altura (datos en metros) en función del DAP con corteza (datos en centímetros). La información pertenece a los datos obtenidos en plantaciones medidas de 1 a 8 años (gráfico 1).

Gráfico 1. Altura en función de DAP con corteza de *E. smithii*



En el gráfico 1 se observa una típica curva de crecimiento sigmoidea en la cual se observa una pendiente mayor al comienzo producto de un crecimiento acelerado y luego tiende a disminuir o entrar en un crecimiento constante. Se ajustó el gráfico con una curva polinómica de segundo grado, con

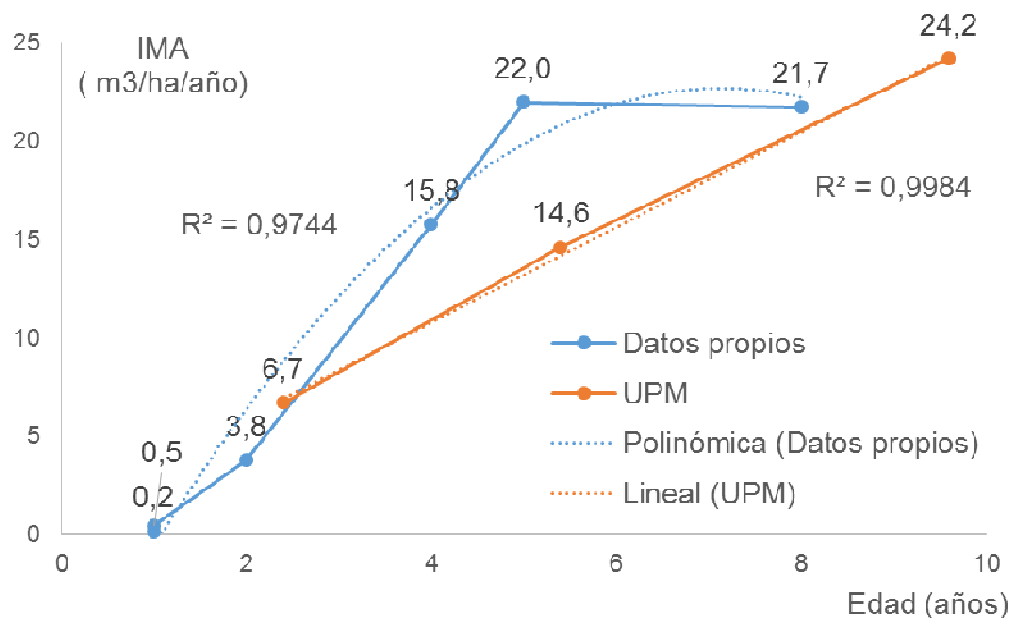


ella se obtuvo un coeficiente de determinación de ( $R^2$ ) cercano a 1, por lo cual se concluye que se ajusta bien a este tipo de modelo.

Otro de los objetivos planteados para este trabajo fue calcular el IMA para esta especie, en este caso se representa gráficamente información propia e información proporcionada por la empresa UPM Forestal Oriental, quienes solían tener un huerto semillero de *Eucalyptus smithii* en Carapé (Maldonado). Los datos son de mediciones en pie a los 2- 4 años, 5- 4 años y de cosecha a los 9-5 años.

El IMA fue calculado a partir del volumen con corteza corregido por factor de forma en función de la edad. Se encuentra graficado con línea azul el IMA obtenido por mediciones propias y la línea en anaranjado el de UPM.

Gráfico 2. IMA en función de la edad.



Como se observa en el gráfico 2 el IMA calculado para cada predio presenta gran variabilidad, incluso en plantaciones de la misma edad. Esto se debe en parte a que el cálculo de IMA contempla la sobrevivencia y los predios presentaron condiciones muy diferentes. Sin embargo es muy útil si se lo quiere comparar con plantaciones de otra especie.

Cuadro 1. Datos de sobrevivencia de *Eucalyptus smithii*

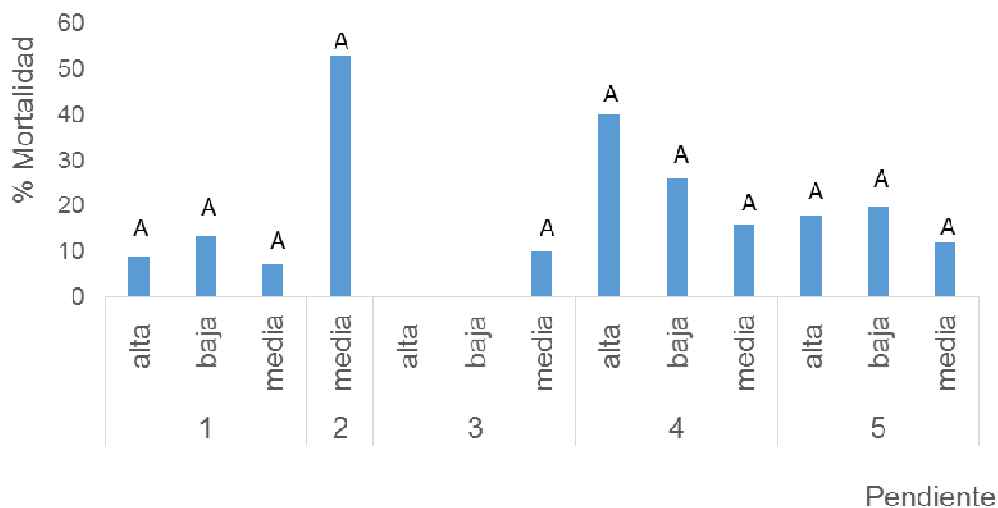
EDAD	% SOBREVIVENCIA (MEDICIONES PROPIAS)
1	89,6
1	90
2	94
4	70,4
5	82,4
8	53,3

EDAD	% SOBREVIVENCIA (UPM)
2,4	46
5,4	43
9,6	41

Dejando a un lado las diferencias entre predios, se puede observar que a partir de los 5 años en adelante presenta un IMA de 20 m<sup>3</sup>/ha/año aproximadamente.

Al visualizar la diferencia de mortandad entre parcelas del mismo predio y entre predios surgió la interrogante si estaba correlacionado con la pendiente. El siguiente gráfico representa la tasa de mortandad registrado en cada predio de acuerdo a la pendiente y la edad.

Gráfico 3. Tasa de mortandad (%) en función a la pendiente



El gráfico 3 muestra la tasa de mortandad en cada predio de acuerdo a su edad. Se pretendió evaluar si la mortandad tenía correlación con la pendiente por lo que se realizó un estudio estadístico utilizando INFOSTAT, comparando las 10 parcelas de 1 año y las de 4 y 5 años. A las mismas de les realizó un estudio de Fisher y Tukey con 95% de confianza.

Como se observa en las figuras 8 y 9 no se encontró diferencia significativa entre la tasa de mortandad que se da a diferente pendiente. Se debe tener en cuenta que son varios los factores que influyen; en la zona baja es mayor el efecto de las heladas y también se asocia con malos drenajes siendo más susceptible al ataque de *Phytophthora*, y en pendientes altas son suelos más superficiales con mayor rocosidad que afectan el anclaje del árbol. Sin embargo si es posible observar distinta sobrevivencia entre predios, esto puede estar asociado principalmente a diferencias físicas de los predios como mal drenaje o diferencias de manejo como enmalezamiento, tal es el caso del predio de edad 2 años el cual presento valores de mortandad en algunas parcelas mayores a 70 % (figura 10).

Figura 8. Enmalezamiento en plantación de *Eucalyptus smithii*



Se quiso indagar en profundidad si la pendiente influía de alguna manera en el crecimiento de los arboles por lo que se analizó las diferencias de altura en relación a este factor. A continuación los gráficos y datos estadísticos realizados en INFOSTAT (Fisher 95% de confianza) para altura en función de pendiente.

Gráfico 4. Altura de árboles de 1 año en función de la pendiente

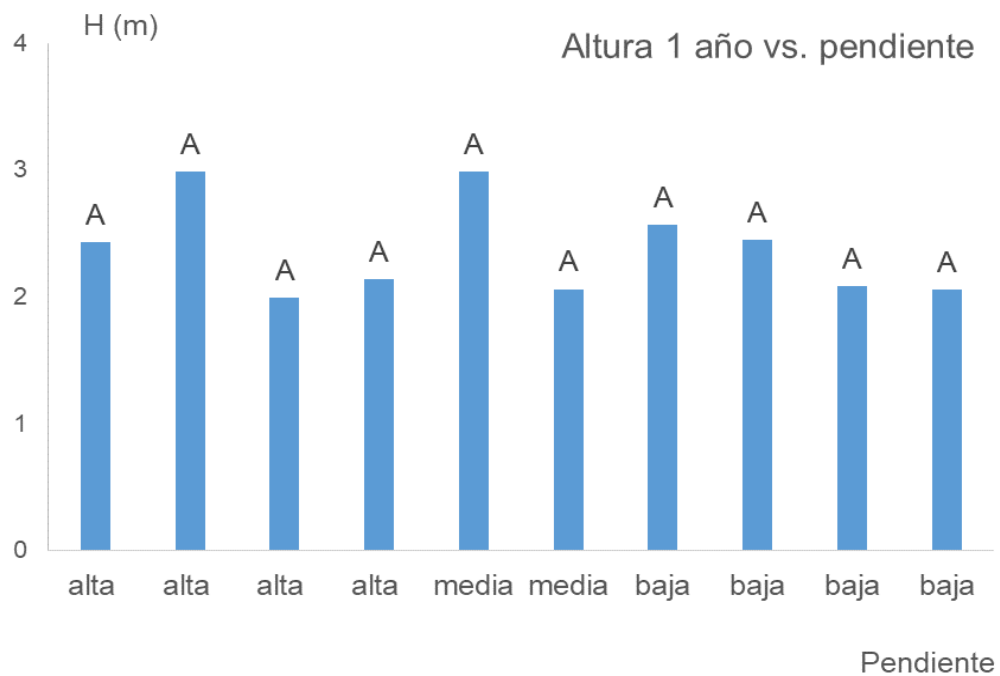
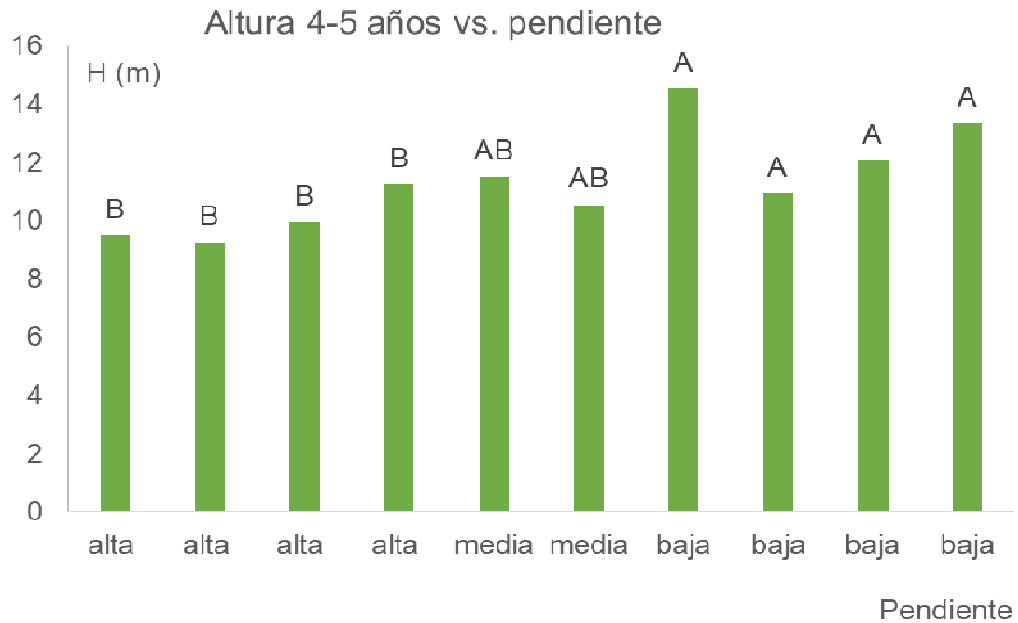


Gráfico 5. Altura de árboles de 4 y 5 años en función a la pendiente.



Como se observa en el gráfico 5 la altura no muestra diferencia significativa en plantaciones de 1 año. Sin embargo si presenta diferencias para plantaciones de mayor edad. De acuerdo con los datos estadísticos se encuentran diferencias significativas en lo que es pendiente alta y baja, siendo esta última la que presenta los mayores registros

Por último para completar los objetivos planteados se construyó un índice de sitio para *Eucalyptus smithii* para los suelos No. 2 de Uruguay.

La construcción del índice de sitio se realizó con la metodología descrita por Sorrentino (2010). La curva guía se trazó con la siguiente fórmula:

$$\ln H = a + b / \sqrt{e}$$

**ln H:** logaritmo de altura dominante  
**a y b :** parámetros a definir  
**e:** edad

Para construir la familia de curvas se toma el supuesto de que las demás curvas presentan una tendencia similar e igual coeficiente angular que la curva guía. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\ln H = \ln IS + b (1/e - 1/ec)$$

**IS:** índice de sitio

**ec:** edad clave

En el siguiente cuadro se muestran los parámetros utilizados para construir la curva guía y la familia de curvas.

Cuadro 2. Parámetros utilizados para la construcción del índice de sitio.

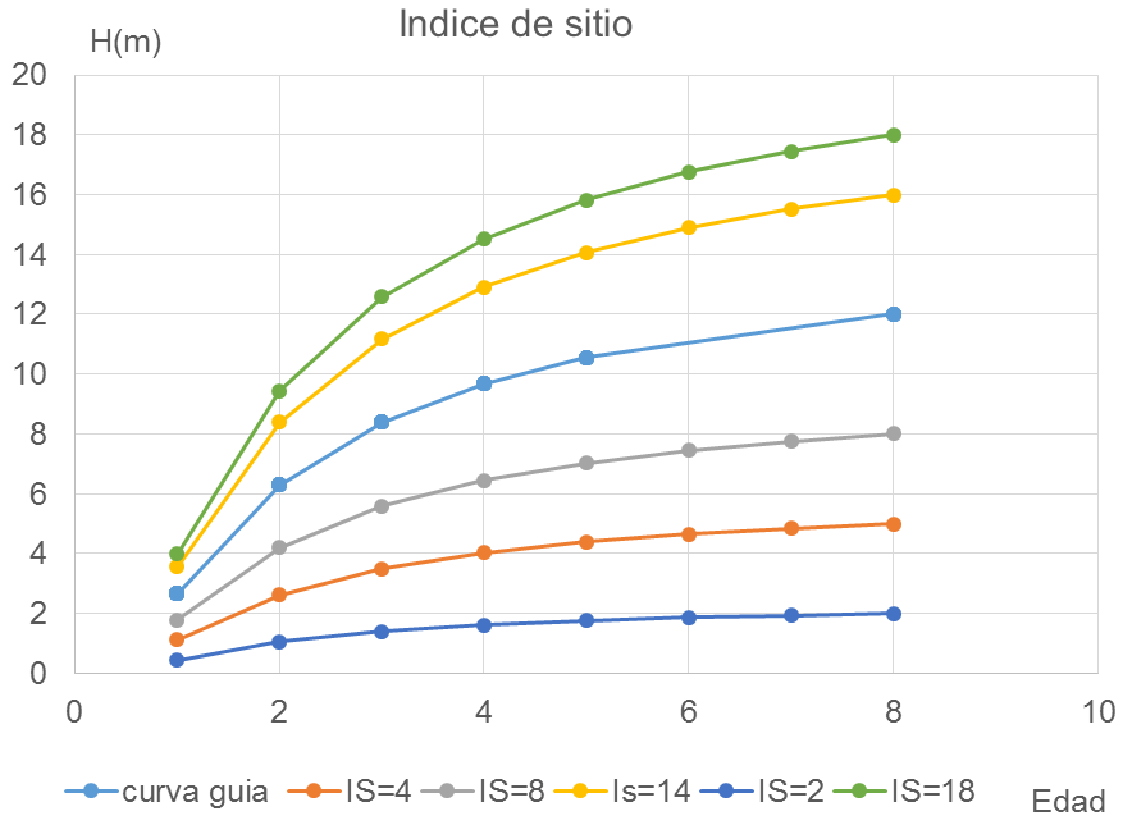
PARÁMETROS ÍNDICE DE SITIO			
A	B	Edad clave (Ec)	ln IS
2,7	-1,72	10	2,528

Las mediciones realizadas fueron utilizadas para trazar la curva guía que es aquella de referencia y el resto de la familia de curvas fue trazada con alturas teóricas. En el cuadro 3 se muestra que curva corresponde a que altura de índice de sitio.

Cuadro 3. Correspondencia de curvas con índices de sitio.

Número	Índice de sitio
I	IS= 18 m
II	IS= 14 m
III	<b>Curva guía</b>
IV	IS= 8 m
V	IS= 4 m
VI	IS= 2 m

Gráfico 6. Índice de sitio para *Eucalyptus smithii* en los suelos No. 2 de Uruguay.



De acuerdo a lo representado gráficamente el crecimiento de los *Eucalyptus smithii* en los suelos No. 2 de Uruguay se encuentran en un sitio III. Es importante recordar que la utilidad de este estudio radica en el uso comparativo a la hora de traer especies nuevas o implantarlas en otros sitio, teniendo referencia de si presentan o no buenos crecimientos y adaptación.

## 4.2. ANÁLISIS DEL ESTADO SANITARIO

*Eucalyptus smithii* se está evaluando por su buena adaptación a zonas bajas ya que tolera heladas permitiendo aprovechar estas áreas. Sin embargo se observó un alto porcentaje de mortandad debido a susceptibilidad sanitaria a patógenos y plagas.

El principal patógeno asociado a esta especie es *Phytophthora*. Se trata de un oomycete con amplia distribución geográfica. Es un patógeno de suelo que infecta a través de las raíces activas, ingresando directamente o a través de heridas, bloqueando el suministro de agua para el árbol. Se ve favorecido por temperaturas de 20-32°C y encuentra muy asociado a zonas bajas o zonas con mal drenaje, ya que su manera de reproducción son zoosporas, esporas flageladas que necesitan de agua para moverse e infectar. Otra de las dificultades es que produce clamidiosporas, esporas de resistencia que persisten muchos años en el suelo. Este patógeno es muy difícil de corroborar ya que su aislamiento en laboratorio requiere medios de cultivos selectivos con antibióticos y son difíciles de cultivar, por lo que a campo se basa en la sintomatología característica que es follaje persistente color ferrugineo (figuras 13 y 14, Pérez, 2016).

La susceptibilidad de *Eucalyptus smithii* ya fue reportada tanto en Australia como en Sudáfrica por varios autores entre ellos Linde et al. (1999), Shaerer et al., citados por Maseko et al. (2000). Los síntomas que presentan son clorosis y exudados a través de canchales en el cuello de la raíz. Los autores hacen mención a como varias especies de *Phytophthora* están teniendo importancia en especies de eucalipto sobre todas aquellas tolerantes al frío.



Figura 9. *Eucalyptus smithii* con síntomas de *Phytophthora*.

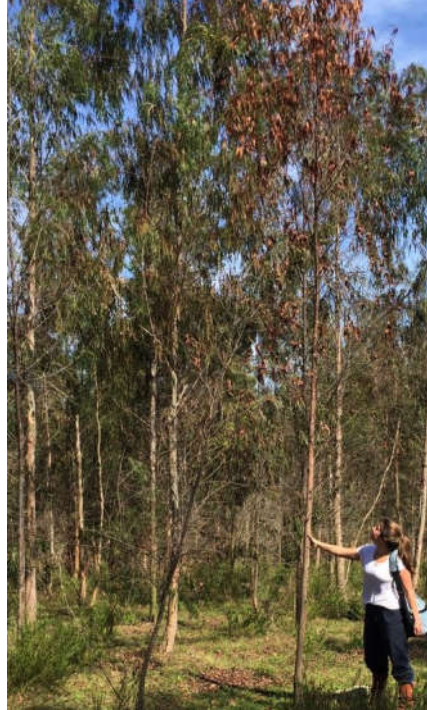
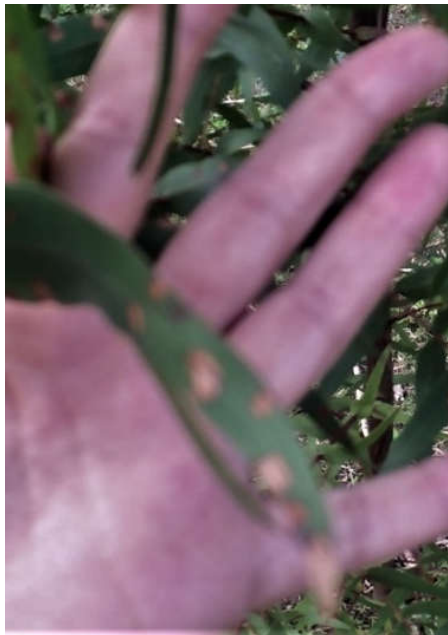


Figura 10. Árbol apeado con síntomas de *Phytophthora*.



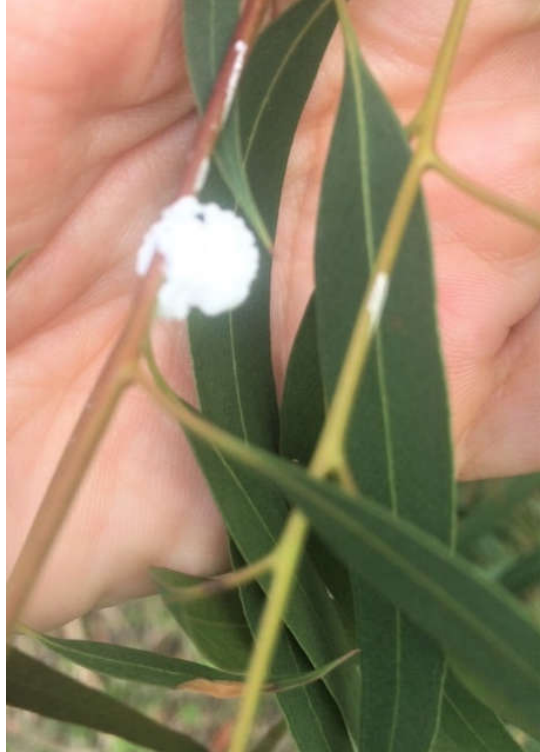
A nivel foliar se observaron manchas necróticas típicas de *Tereastospaheria nubilosa* (figura 15). Las mismas se presentan de ambos lados de la hoja, son de color castaño claro con borde fino rojizo. En el envés de la hoja se puede observar las fructificaciones globosas de color negro. Este patógeno genera reducción del área fotosintética, defoliación y en algunos casos muerte de ápices y ramas (Pérez et al., 2009)

Figura 11. *Eucalyptus smitii* con manchas de *Teratosphaeria nubilosa*



Otra de las plagas registradas fue *Glicaspis* también conocido como pisilido del escudo. De acuerdo a la cartilla de INIA afecta hojas adultas como juveniles, altas densidades hace que se reduzca el área fotosintética y atraen fumagina. El Principal problema es que genera un estrés para la planta que la hace más susceptible al ataque de otros agentes bióticos (Simieto et al., 2015)

Figura 12. *Eucalyptus smithii* con presencia de *Glycaspis*.



Otra plaga presente fue *Gonipterus* sp. El signo observado fueron las ootecas y los adultos en las hojas. El daño que ocasionan son el consumo de hojas y brotes que provocan una disminución en el crecimiento y vigor de la planta dejándolo con mayor susceptibilidad a patógenos secundarios (Simieto et al., 2015).

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos de diámetro y altura se determinó que *Eucalyptus smithii* presenta una buena tasa de crecimiento considerando las limitantes físicas de los suelos de tipo 2. El crecimiento observado es superior a la especie que lo precedía *Eucalyptus globulus*, que según información obtenida de inventarios forestales es de 13 m<sup>3</sup>/ha/año

La tasa de crecimiento es superior a la expresada gráficamente, sin embargo se encuentra subestimada debido a una tasa de mortandad muy alta que está implícita en el cálculo del IMA. Los árboles presentan una alta velocidad de crecimiento, pero mueren gran cantidad y esto afecta el volumen total por hectárea.

La tasa de mortandad presenta gran variabilidad entre predios medidos y con los datos proporcionados externamente. Se cree que diferencias pueden deberse a distinto manejo, tales como; preparación de suelo que tiene gran influencia en el drenaje y control de malezas lo cual afecta el crecimiento ya que compite por agua y nutrientes.

Se analizó la diferencia de mortandad observada entre parcelas en relación a la pendiente. El resultado no mostró diferencia significativa estadística. Esto puede deberse a que son múltiples los factores que afectan la sobrevivencia tanto en las partes bajas, como son mayor disposición de heladas, o condiciones más propicias para patógenos como *Phytophthora* y en contra posición la zona alta presenta poca profundidad del suelo, sumado a la rocosidad que afectan el anclaje de los árboles.

Si bien no se pudo correlacionar la mortandad con la pendiente, si fue posible relacionar el crecimiento en altura con la pendiente. Se probó que existe una correlación entre la pendiente del terreno y la altura de los árboles, siendo las zonas bajas y medias lo que favorecen a esta especie en este sitio.

Se construyó un índice de sitio para *Eucalyptus smithii* para los suelos de tipo 2 en Uruguay. De acuerdo al gráfico de familias esta especie se encuentra plantada en un sitio tipo III siendo la curva II de 14 m de altura dominante para los 8 años y la curva IV 8m de altura para esta misma edad.

Como conclusión personal se considera que esta especie tiene muy buen desarrollo en los suelos 2, considerando que son suelos muy superficiales con afloramientos rocosos, nutricionalmente pobres y con marcadas pendientes. Presenta mayor velocidad de crecimiento que la especie que históricamente estuvo en la zona (*Eucalyptus globulus*) y que por problemas sanitarios se vio afectada. Sin embargo se debe tener presente que la tasa de

mortandad es muy alta y que esto hace que el volumen por hectárea sea considerablemente menor. Como se observó al evaluar la altura, *Eucalyptus smithii* está mejor adaptados a las zonas medias- bajas y se recomienda que los suelos presenten muy buen drenaje para evitar la infección y muerte por Phytophthora que es el agente biológico más problemático en el momento para la especie.

## 6. RESUMEN

*Eucalyptus smithii* comenzó a utilizarse en plantaciones comerciales de Uruguay debido a su tolerancia a las heladas y como una alternativa de sustitución a la principal especie plantada en el sur, *Eucalyptus globulus*, el cual se encuentra con severos problemas sanitarios desde 2008. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el crecimiento y adaptabilidad de *Eucalyptus smithii* en los suelos número 2 del sur del país. Para ello se midió el volumen de rodales de diferente edad en distintos predios. Luego se estableció un factor de forma específico para esta especie y se realizaron estimaciones de IMA. A su vez se determinó la mortalidad y se realizó una evaluación del estado sanitario. Para la valoración de las diferentes condiciones de suelo se construyó un índice de sitio. De acuerdo a los estudios realizados se concluye que *Eucalyptus smithii* presenta tasas de crecimiento superiores a *Eucalyptus globulus* a pesar de sus problemas sanitarios. A su vez, muestra una adaptabilidad diferencial de acuerdo a la pendiente, se observa diferencia de crecimiento en altura cuando se encuentra en pendiente baja o media. Se destaca una tasa de mortandad muy alta, esto hace que el volumen por hectárea sea considerablemente menor. La principal causa de muerte es *Phytophthora*, un patógeno que se encuentra en el suelo y causa obstrucción radicular. Se recomienda que los suelos cuenten con muy buen drenaje para evitar la infección, y que se encuentren libres de malezas para minimizar el esfuerzo por competencia.

Palabras clave: *Eucalyptus smithii*; IMA; Índice de sitio; Pendiente; Mortalidad; *Phytophthora*.

## 7. SUMMARY

*Eucalyptus smithii* began to be used in commercial plantations in Uruguay due to its frost tolerance and as an alternative substitution to the main specie planted in southern *Eucalyptus globulus*, which has been suffering from severe sanitary problems since 2008. The objective of this work was to characterize the growth and adaptability of *Eucalyptus smithii* in soils type 2 in the south of the country. To achieve this, trees of various ages and different plantations were measured and a specific form factor and estimates of IMA were established. In turn, the mortality was determined and an evaluation of the sanitary status was carried out. For the evaluation of the different soil conditions, a site index was constructed. According to the studies, it is concluded that *Eucalyptus smithii* presents growth rates superior than *Eucalyptus globulus*, despite its sanitary problems. It shows a differential adaptability according to the slope. Difference of height growth is observed whenever the slope is low or average. A very high mortality rate stands out and this makes the volume per hectare considerably smaller. The main cause of death is *Phytophthora*, a pathogen that is found in the soil and causes root obstruction. It is recommended that the soils have a good drainage to avoid infection, and to maintain the plantation free of weeds to minimize the effort for competition.

Keywords: *Eucalyptus smithii*; IMA; Site index; Slope; Mortality; *Phytophthora*.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, W.; De Souza, R. 2016. Los suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo, Santillana. 4 p. (Ficha No. 6). Consultado 10 nov. 2016. Disponible en [http://www.santillana.com.uy/descargas/Geografia\\_3\\_fichas\\_tematicas/Ficha\\_6.pdf](http://www.santillana.com.uy/descargas/Geografia_3_fichas_tematicas/Ficha_6.pdf)
2. Andematten, E.; Letourneau, F. 1998. Curvas de índice de sitio y crecimiento en altura para pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) (Mierb). Franco de aplicación en la región andino patagónica de las provincias de Río Negro y Chubut Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata). 103 (1): 1-7.
3. Antonio, N.; Tomé, M.; Tomé, J.; Soares, P.; Fontes, L. 2007. Effect of tree, stand, and site variables on the allometry of *Eucalyptus globulus* tree biomass. Canadian Journal of Forest Research. 37(5): 895-906.
4. Boland, D. J.; Brophy, J. J.; House, P. N. 1991. Eucalyptus leaf oils; use, chemistry, distillation and marketing. Melbourne, Inkata. 253 p.
5. Brussa, C. 1994. Eucalyptus; especie de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Hemisferio Sur. 216 p.
6. Breda, D. H.; Marques Da Silva, M. L.; García, H. 2012. Aplicação da função hiperbólica na construção de curva de índice de local. Árvore. 36 (4): 714-746.
7. Chaucharad, L. M., Sbrancia, R., Rabino, A., González, M., Maresca, L. 2001. Modelo de crecimiento diamétrico para *Nothofagus dombeyi*. Argentina. Bosque. 22 (2): 53-68.
8. De Souza, F. A.; Figueredo, A.; Nogueira, A.; Berbett, L. G.; Figueira, M. A. 2015. Curvas de sítio e relações hipsométricas para *Eucalyptus grandis* na região Dos Campos Gerais, Paraná. Cerne. 21 (2): 219-225.
9. Fabrowski, J. F.; Bolzon, G. I.; Nakasima, T.; Nisgoski, S.; Klock, U. 2013. Investigación da presença de óleo em *Eucalyptus smithii* R.



T. Baker por meio da anatomia de seu lenho e casca. *Ciência Florestal*.13 (13): 95-106.

10. Forrester, D. I.; Wiedemann, J. C.; Forrester, R. I.; Baker, T. G. 2013. Effects of planting density and site quality on mean tree size and total stand growth of *Eucalyptus globulus* plantation. *Canadian Journal of Forest Research*. 43 (9):846-851.
11. Jacobs, M. R. 1981. El Eucalipto en la repoblación forestal. (en línea). Roma, FAO. pp. 1-50. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ac459s.pdf>
12. Linde, C.; Kemp, G.; Wingfield, M. 1999. Variation in pathogenicity among South African isolates of *Phytophthora cinnamomi*. *European Journal of Plant Pathology*. 105 (2): 231-239.
13. Martínez, P.; Domínguez, M.; Juárez, A.; López, L. M.; De La Cruz, V.; Álvarez, J. 2015. Índice de sitio y producción maderable en plantaciones forestales de *Gmelia arborea* en Tabasco, México. *Revista Revolución Fitotecnia*. 38: 415- 425.
14. Maseko, B.; Burgues, T.; Coutinho, T.; Wingfield, M. 2000. First report of *Phytophthora nicotianae* associated with *Eucalyptus* die-back in South Africa. *Plant Pathology*. 50 (3): 413- 419.
15. MGAP. DGF (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección General Forestal, UY). 1987. Legislación ley forestal No. 15.939. (en línea). Montevideo. pp. 1-15. Consultado 03 nov. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/leyno.15.939.pdf>
16. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 1993. Nuevos grupos de suelos de prioridad forestal. (en línea). Montevideo. 1 p. Consultado 4 jul. 2017. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/decreto26-93.pdf>
17. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_.; OEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección General Forestal, UY; Organización de Estados Americanos, US). 1994. Uruguay; proyecto regional para la inversión forestal. (en línea). Montevideo. cap. 2, 342 p.

Consultado 26 oct. 2016. Disponible en  
<https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea20s/ch04.htm>

18. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2015. Paquete de informe de bosques sobre los bosques. (en línea). Montevideo. pp. 12-18. Consultado 03 nov. 2016.  
Disponible en  
<http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/uruguayfra2015.pdf>
19. \_\_\_\_\_. DGRNR (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección general de Recursos Naturales Renovables, UY). s.f. Carta, grupos de suelos e índices de productividad CONEAT. (en línea). Montevideo. 7 p. Consultado 25 ene. 2017.  
Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/direccion-general-de-recursos-naturales/institucional/biblioteca-digital/grupos-de-suelos-e-indices-de-productividad-coneat>
20. Oliveira, R. V.; Barreto, A.; Vaz De Silva, L.; García, H.; Araújo, A. 2015. Modelagem do crescimento e produção de povoamento de *Eucalyptus* utilizando dois métodos para quantificação do índice de local. *Scientia Forestalis*. 43(105): 89-90.
21. Ortega, A.; Montero, G. 1988. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Madrid. *Ecología* 2: 155-184.
22. Pérez, C. 2016. Patógenos de raíz. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 1- 8.
23. Pérez, G.; Hunter, G.; Splippers, B.; Pérez, C.; Winfield, B.; Wingfield, M. J. 2009. *Teratosphaeria* (*Mycosphaerella*) *nubilosa*, the causal agent of *Mycosphaerella* leaf disease (MLD) recently introduced into Uruguay. *European Journal of Plant Pathology*. 125:109-118.
24. Pinkard, E. 2005. Physiological and growth responses related to pattern and severity of pruning in Young *Eucalyptus globulus*. *Forest Ecology and Management*. 182: 231-233.
25. Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. *Mensura forestal*. San José, Costa Rica, IICA/GTZ. pp. 369-379.
26. Schiller, C.; Schiller, D. 2008. *The aromatherapy encyclopedia; a concise guide to over 385 plants oil*. (en línea). Laguna Beach, CA, Basic

Health Publication. 234 p. Consultado 03 nov. 2016. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=HMztof1utg4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=The+aromatherapy+encyclopedia:+a+concise+guide+to+over+385+plants+oil.+Basic+health+publication&ots=E Qf-vGsD8h&sig=a5S2AQRIPuFcvKM3iGC8GA3d7iQ#v=onepage&q=The%20aromatherapy%20encyclopedia%3A%20a%20concise%20guide%20to%20over%20385%20plants%20oil.%20Basic%20health%20publication&f=false>.

27. Simieto, S.; Gómez, D.; Martínez, G.; Balmelli, G. 2015. Cartilla de enfermedades forestales. Montevideo, INIA. s.p.
28. Sorrentino, A. 1991. Índices de sitio preliminares para las principales especies forestales cultivadas en Uruguay. Facultad de Agronomía (Montevideo). Boletín de Investigación no. 33. 11 p.
29. \_\_\_\_\_. 2010. Manual teórico- práctico; técnicas e instrumentos de medición forestal. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 2 v.
30. Uranga, M. 2009. Evaluación de especies y orígenes de *Eucalyptus* por tolerancia a heladas en el litoral oeste de Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 16 p.
31. Vallejos, O.; Morás, G. 2013. Mensura forestal al alcance de todos. Montevideo, Editorial Académica Española. pp. 181-206.
32. Vásquez, W.; Ugalde, L. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelia arborea*, *Tectona garndis*, *Bombacopsis quinatam* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. San José, CR, CATIE. 40 p.

## 9. ANEXOS

### DESCRIPCIÓN DE LOS PREDIOS

A continuación se detalla las características de los establecimientos en los cuales se realizaron las mediciones de los árboles.

#### A

**Fecha de plantación:** primavera 2015

**Ubicación:** 17 km de Minas, Lavalleja. Próximo a caminera seccional 1.

**Superficie forestada:** 20 ha.

**Marco:** 2 x 2 x 8 m

**Densidad:** 1000 á/ha

**Ganado:** ovejas a pastoreo

**Pendiente:** suave

**Drenaje:** medio- malo

**Estado sanitario:** muy bueno

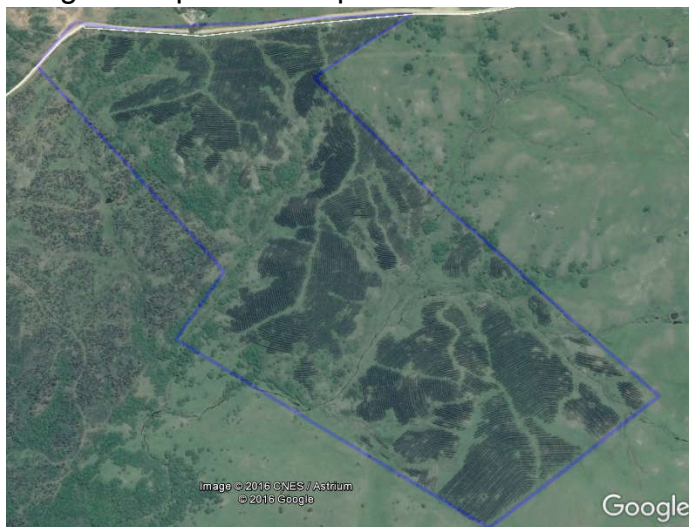
**Suelo:** 2.12

**Coordenadas:** 34° 19'11"S / 55°5'0" O

**Número de parcelas medidas:** 5

**Tamaño de parcela:** 200m<sup>2</sup> (20 árboles)

Imagen: mapa satelital predio A



## **B**

**Fecha de plantación:** primavera 2015

**Ubicación:** 34° 03' 30.26" S 55° 04' 14.79" O

**Superficie forestada:** 12 ha

**Marco:** 4x 2 m

**Densidad:** 1250 á/ha

**Edad:** 1 año

**Ganado:** sin ganado

**Pendiente:** suave

**Drenaje:** bueno

**Estado sanitario:** bueno

**Suelo:** 2.11a

**Número de parcelas medidas:** 5

**Tamaño de parcela:** 200m<sup>2</sup> (25 árboles)

Imagen: foto satelital predio B



## C

**Fecha de plantación:** primavera 2014

**Ubicación:** cerro pelado, frente a escuela 91, Lavalleja

**Coordenadas:** 34° 15'16 " S/ 55°06'36" O

**Superficie:** 40 ha

**Marco de plantación:** 5x2

**Densidad:** 1000 a/ha

**Estado sanitario:** bueno

**Drenaje:** medio- malo

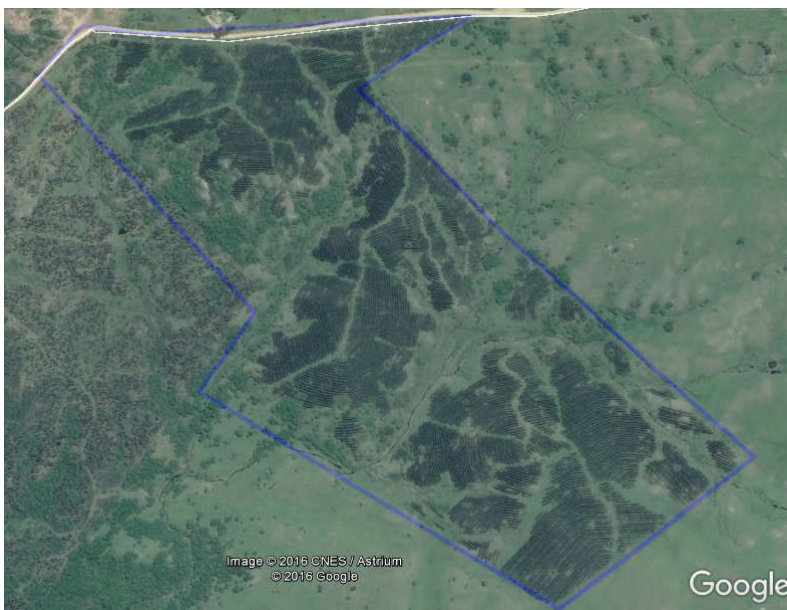
**Pendiente:** moderada

**Suelo:** 2.11a

**Número de parcelas medidas:** 5

**Tamaño de parcela:** 200m<sup>2</sup> (20 árboles)

Imagen: foto satelital predio C



## D

**Fecha de plantación:** primavera 2014

**Ubicación:** camino departamental 20 km minas

**Coordenadas:** 34° 03'30.26" S 55° 04'14.79"O

**Superficie:** 11 ha

**Marco de plantación:** 2 x 4 m

**Densidad:** 1250 á/ha

**Estado sanitario:** muy malo

**Drenaje:** medio

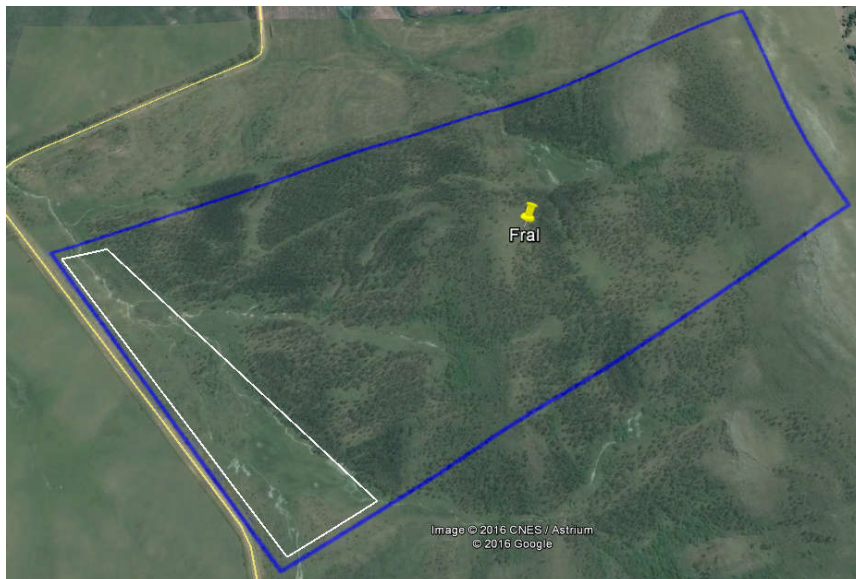
**Pendiente:** moderada

**Suelo:** 2.11a

**Número de parcelas medidas:** 5

**Tamaño de parcela:** 200m<sup>2</sup> (25 árboles)

Imagen: foto satelital predio D



## E

**Fecha de plantación:** primavera 2012

**Coordenadas:** 33° 50'54.22" S 55° 01' 02.95" O

**Superficie:** 20 ha

**Marco de plantación:** 4 x 2 m

**Densidad:** 1250 á/ha

**Estado sanitario:** muy bueno

**Drenaje:** bueno

**Pendiente:** moderada - alta

**Suelo:** 2.11a

**Número de parcelas medidas:** 5

**Tamaño de parcela:** 200m<sup>2</sup> (25 árboles)

Imagen: foto satelital predio E





## F

**Fecha de plantación:** primavera 2011

**Ubicación:** intersección ruta 40 y ruta 108

**Coordenadas:** 34° 03' 22.19" S 55° 20' 03.5" O

**Superficie:** 4 ha

**Marco de plantación:** 4 x 2 m

**Densidad:** 1250 á/ha

**Estado sanitario:** muy bueno

**Drenaje:** bueno

**Pendiente:** moderada - alta

**Suelo:** 2.11a

**Número de parcelas medidas:** 5

**Tamaño de parcela:** 200m<sup>2</sup> (25 árboles)

Imagen: foto satelital predio F



## G

**Fecha de plantación:** primavera 2008

**Ubicación:** intersección ruta 40 y ruta 108

**Coordenadas:** 34° 00' 26.58" S 55° 21' 11.5" O

**Superficie:** 1 ha.

**Marco de plantación:** 4 x 2 m

**Densidad:** 1250 á/ha

**Estado sanitario:** malo

**Drenaje:** malo

**Pendiente:** baja

**Suelo:** 2.11a

**Número de parcelas medidas:** 3

**Tamaño de parcela:** 200m<sup>2</sup> (25 árboles)

Imagen: foto satelital predio G

