

## I JUSTIFICACIÓN

Una publicación de la FAO (1969) citaba que la plantación de especies arbóreas seleccionadas por las condiciones apropiadas de su producto, su rápido crecimiento y su adaptabilidad a condiciones medioambientales locales parecía ser una solución al problema de abastecimiento de madera en general de los países templados, aunque también podría serlo para muchos países en desarrollo. Otro estudio de Pandey y Ball (1998) resalta que las plantaciones de especies exóticas de rápido crecimiento aumentaron velozmente en muchos países y que el gran auge en los trópicos data de finales de los años setenta, asimismo concluye que la tendencia apunta a un aumento de la producción de madera en rollo industrial procedentes de plantaciones y pronosticó que el año 2000 la mitad de la madera industrial producida en los países de América Latina procedería de las plantaciones forestales.

El futuro para el desarrollo de plantaciones forestales parece promisorio y de compromisos (PDES, 2016) con mayor progreso para las plantaciones forestales lo cual parece halagador. Sin embargo, para tomar decisiones sobre la factibilidad de proyectos de plantaciones deben considerarse factores como la correcta selección de las especies, el sitio y su manejo posterior, entre otros, de no ser así pueden fracasar plantaciones de gran envergadura como ocurrió en Centroamérica y Bolivia (Galloway & Vásquez, 1998; Patton & Baumgartner, 2000).

A las regiones tropicales y subtropicales de latitudes bajas se las considera, en términos generales, lugares que tienen condiciones medioambientales entre favorables y óptimas para el desarrollo de especies leñosas (Lamprecht, 1990); porque disponen de reservas territoriales más grandes en comparación con otras regiones más altas o templadas.

También se reconocen los criterios esenciales para la selección de las especies, que son la aptitud para el medioambiente en cuestión y, dependiendo del objetivo económico, los altos rendimientos cuantitativos y/o cualitativos (Lamprecht, 1990).

Por ser escasa la información técnica sobre plantaciones en Bolivia (especies, manejo, crecimiento, productividad, plagas, etc) en particular de especies híbridas (*Eucalitus Urograndis*), introducidas en la región tropical como del género *Eucalyptus*, se realiza el presente estudio.

## II

### OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo general

Determinación de la productividad de la especie eucalipto híbrido (*Eucalyptus Urograndis*), con edad alrededor de seis años, en bosques implantados privados en los municipios de Warnes (2,13 ha), Buena Vista (9,42 ha) y Porongo (17, 39 ha) del departamento de Santa Cruz y sus preferencias de sitio para un mejor comportamiento.

#### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento de la especie a través de su sobrevivencia, el incremento medio anual en diámetro, altura comercial, altura dominante, área basal, volumen y producción de postes en tres predios privados (Huaytu, La paliza y Motacu).
- Practicar una homologación edafoclimática, a partir de la evaluación de las condiciones de sitio (clima local y suelo) donde se desarrollan las plantaciones, mediante el análisis y comparación de datos de temperatura, precipitación, contenido de nutrientes del suelo en cada sitio (Huaytu, La paliza y Motacu), características físicas de los suelos, entre otros, versus los requerimientos de la especie en estudio.

### III

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Conceptualización de plantaciones forestales

FRA 2000 (FAO, 2002) define a las plantaciones forestales como aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Estas pueden ser especies introducidas o indígenas que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha; una cubierta de copa de por lo menos un 10% de la cubierta de la tierra y una altura total de los árboles adultos por encima de los cinco metros. Los términos “bosque hecho por mano humana” o “bosque artificial” son considerados sinónimos de plantaciones forestales.

La ABT (2013) también contribuye a una definición de plantación forestal y sistema agroforestal. Bajo estos criterios las plantaciones forestales podrán ser de los siguientes tipos:

- a) **Plantaciones comerciales, productivas o industriales.** – Son aquellas plantaciones que proporcionan la materia prima para el procesamiento de la madera con fines comerciales, incluyendo la madera para la construcción, los productos para tableros y muebles, y la pulpa de madera para papel entre otros.
  
- b) **Plantaciones de restitución.** - Se trata de aquellas que deben realizar las organizaciones privadas, individual o colectiva (pequeña propiedad, mediana y empresas) cuando acceden a un proceso sancionatorio por desmonte ilegal en TFPF y se obligan a restituir un porcentaje de área de bosque afectada (10%). Aquí habría que entender que el propósito es el de restauración de elementos y funciones del ecosistema original, con una función de producción de madera en forma sostenible.

**3.2 Plantaciones en sistemas agroforestales, cortinas rompevientos, silvopastoriles o agrosilvopastoriles** .- Son aquellas plantaciones establecidas en combinación de tiempo y espacio de las especies forestales multipropósito o multiuso, mediante la intervención directa del hombre en asociación con cultivos agrícolas (anuales o perennes) y/o actividades agropecuarias. Algunos ejemplos en Bolivia Asociación Agroforestal son el café + Cuchi verde (*Gliricidia sepium*) y Achachairu + Serebo (*Schizolobium parahyba*). Rompevientos como el trigo + aceituno y silvopastoriles: Cupesi (*Prosopis alba*) + pasto.

### **3.3 Características generales de las plantaciones**

#### **Plantaciones en Bolivia**

Según Terán (2005) no se disponía de estadísticas oficiales de las plantaciones forestales comerciales y de las plantaciones para conservación. Se estimaba un total de 50 a 60 mil hectáreas; sin embargo, la cifra más conservadora y documentada era de 26 mil ha. Esta cifra es coincidente con las estimaciones que reporta la FAO (2015) en Bolivia para el mismo periodo. A esta superficie habría que añadirle las plantaciones emprendidas por el Programa “Mi Árbol” del Ministerio de Medio Ambiente para la reforestación en el marco del D.S. 443. En resumen, han sido 9.463 ha cubiertas con 8.133.699 plantines de diferentes especies (Aguirre, 2014).

Aguirre señala que los Programas más antiguos de plantaciones comerciales fueron realizados por PROFOR (Cochabamba) y PLAFOR (Chuquisaca) apoyados por la Cooperación Suiza. Están también los Jatun Sacha de la FAO y la Mancomunidad de Municipios del Trópico del CTB (Cooperación Belga); sin embargo, fueron exitosos en sus momentos de implementación en tanto la cooperación los asistía económica y técnicamente. Se conoce, además, estudios de evaluación post proyecto financiados por la Cooperación Belga, que confirman esta aseveración (Baumgartner, 2000).

Actualmente, sobresalen otros emprendimientos privados (Véase Cuadro 1) como SICIREC Bolivia, MULTIAGRO (Cochabamba), CIMAL (Santa Cruz), Empresa Maderera Huaytu (Santa Cruz), Boliverde (Santa Cruz) entre otros, que los distinguen de los primeros emprendimientos, por su visión de largo plazo, el apoyo técnico y económico (incentivos) a los beneficiarios.

**Tabla 1**

***Emprendimientos privados exitosos de plantaciones forestales en Bolivia***

| TIPO   | INSTITUCION              | ÁREA DE ACCION                                   | Cooperación   | PERIODOS              | ALCANCE  | SUP ESTABLECIDA (Actual) |
|--------|--------------------------|--|---|-----------------------|--|--------------------------|
| ONG    | SICIREC-Arbolivia        | Región Tropical de Bolivia (SCZ-CBBA-BEN-LA PAZ) | Privado-Fundación Hanns Seidel, Cordaid, Hivos, UICN, Trees for all | 2006-2014             | 15 municipios con actividades en los departamentos Santa Cruz, Beni, La Paz y Cochabamba (trópico) | 2373                     |
| ONG/OG | PROFOR - DESEC-MULTIAGRO | Valles de Cochabamba                             | COTEZU  | 1984-2014             | Comunidades campesinas entre 2500-4000 msnm  | 12960 (6581)             |
| OG     | JATUN SACHA              | Chapare  | FAO   | 2000-2010             | 5 Municipios del Tropicó Plantaciones / Sistemas agroforestales                                    | 1700                     |
| OG     | MANCOMUNIDAD DEL TROPICO | Chapare  | CTB   | 2006-2009 y 2001-2013 | 5 Municipios del Tropicó   | 4000 (2500)              |
| ONG    | EMPRESA MADERERA         | Zona de pie de monte (Buena Vista)               | Privado   | 2004-2014             | Municipio de Buena Vista Canton Huaytu   | 1400*                    |
| ONG    | CIMAL                    | Llanura y pie de monte Santa Cruz                | Privado   | 2002-2014             | Guarayos, Chane, Warnes, Caranda   | 800*                     |
| ONG    | BOLIVERDE                | Chiquitania                                      | Privado   | 2009-2014             | Robore El Carmen Rivero Torrez   | 800                      |
| ONG    | GOLD FOREST              | Tropicó, Chiquitania                             | Privado   | 2002-2014             | Paílón, Chapare, Guarayos. (Cochabamba, Santa Cruz)  | 700*                     |
| ONG    | BOSQUES TROPICALES       | Chapare, Chiquitania                             | Privado   | 2002-2014             | Paílón, Chapare, Guarayos, Beni, La Paz  | 250                      |
| ONG    | CEPAC                    | Ichilo   | Privado - AECI  | 2008-2009             | Municipio de Yapacani  | 209                      |
| ONG    | IBIF Investigación       | Chiquitania                                      | Privado - PPD/PNUD  | 2013-2014             | Enriquecimiento de Barbechos   | 30                       |
| OG     | CIAT_Investigacion       | Llanura Sub tropical y Pie de Monte              | GAD_SCZ   | 2000-2012             | Banco de semillas y Manejo productivo de especies en plantaciones (exóticas y nativas)             | 15                       |

**Fuente:** Aguirre (2014)

**Desarrollo de plantaciones en Santa Cruz**

Las prácticas de plantaciones forestales en el departamento de Santa Cruz, con especies del género Eucaliptus y Pinos, datan de la década del 70 a través del Programa de Plantaciones Forestales dependiente de la Cámara Forestal. Posteriormente, durante la década del 80 el SEARPI inició un programa forestal de repoblamiento a escala piloto

en la subcuenca de Espejos con especies del género Eucaliptus. Por otra parte, el CIAT desde finales de la década del 80 y 90 promueve el uso de árboles en los sistemas de producción agrícola y pecuario (agroforestal) con especies latifoliadas nativas e introducidas y a partir del año 2000 inicia investigaciones y difusión de información técnica para el manejo de plantaciones industriales, basadas en la operatividad de una red de Monitoreo de Plantaciones (Aguirre, 2010).

Sin embargo, un informe acerca de las experiencias de COSUDE en Bolivia (Baumgartner, 2000), nos demuestra claramente que el éxito de una plantación consiste no solo en haberla establecido, sino también la ausencia de podas y raleos para mantener la calidad y hacer más competitivo el sistema de producción forestal. Este es uno de los aspectos relevantes en la insostenibilidad ecológica de las plantaciones. Tal situación se observa en algunas plantaciones del departamento de Santa Cruz.

### **Factores de éxito en plantaciones forestales**

A continuación, describiremos los factores de éxito identificados por Aguirre (2014) en un diagnóstico practicado en Bolivia para diferentes actores / organizaciones del rubro de plantaciones forestales y agroforestales.

En la Tabla 2 se observa que los factores son condicionantes importantes para asegurar el éxito de cualquier emprendimiento publico / privado de plantaciones forestales y agroforestales y que en general requieren de inversión previa en aspectos de estudios de selección de sitios y especies apropiadas, calidad genética (semilla / híbrido / clon), asistencia técnica con visión de largo plazo, capacitación y formación superior, manejo integral de los sistemas (de plagas y silvicultural), apoyo logístico, equipamiento, organización sólida, certificación / registro de los sistemas, canales de comercialización, así como financiamiento para su establecimiento, mantenimiento e industrialización entre otros.

**Tabla 2****Resumen factores de éxito transversales en plantaciones forestales y agroforestales en Bolivia**

| <b>FACTORES DE ÉXITO</b>   | <b>DESCRIPCIÓN / JUSTIFICACIÓN</b>   |
|--|--|
| Contar con asistencia técnica a mediano y largo plazo.   | No existe una cultura forestal y el ciclo del cultivo es de entre diez a 20 años. Ejemplo: SICIREC.  |
| Demostrar la generación de ingresos tangibles y otros beneficios de las PF y SAF.                  | Es un rubro nuevo y existen pocas experiencias que hayan cerrado el ciclo de aprovechamiento de una plantación. Ejemplo: Multiagro.  |
| Contratos asegurando beneficios económicos mutuos.   | Se exige una regla clara de la participación y beneficios de estos sistemas. Ejemplo: SICIREC, MULTIAGRO-DESEC y CEPAC.  |
| Apoyo logístico, equipos e insumos (plantines, herramientas) post plantación.                      | Siendo una inversión de largo plazo, los productores exigen mayor apoyo post plantación. Ejemplo: MULTIAGRO-DESEC, SICIREC, Mancomunidad del Trópico, GAD, Cbba.   |
| Valoración de la plantación para acceso a crédito (agrícola, pecuario).                            | Por la falta de liquidez al invertir en la plantación o el SAF es conveniente la valoración de la plantación como garantía de crédito. Ejemplo: SICIREC (Idepro, Banco Unión).   |
| Contar con una visión de desarrollo de la cadena de plantaciones y SAF.                            | Que a futuro se prevea el aprovechamiento, transformación y comercialización de los productos por los usuarios. Ejemplo: MULTIAGRO, SICIREC.   |
| Incentivos a productores para implementación de la plantación y aplicación de prácticas de manejo. | La mano de obra propia y escasos recursos económicos limitan el ampliar la superficie de plantaciones. Otros países avanzaron con incentivos. En Bolivia se tiene un claro ejemplo SICIREC, que cuenta con más de 2000 has establecidas en los últimos años. |

|   |   |
|---|---|
| Acceso al mercado.  | Que lo que se cultiva debe tener un mercado seguro (regional, nacional o internacional). Ejemplo: Pino, Serebo, Eucalipto.                |
| Normas claras y accesibles ante la ABT.                                   | Las disposiciones aun no son claras, se exigen requisitos no estipulados y lentitud en proceso.   |
| Contar con organizaciones fortalecidas (facilita participación).          | Para distribuir responsabilidades y hacer seguimiento. Ejemplo: Trópico, Federaciones, Asociaciones, Sindicatos                           |
| Valor agregado a los productos (planta Beneficiadora – aserradero, etc.). | Para incrementar ingresos, cumplir una función socio-económica. MULTIAGRO, SICIREC, IPHAE, EL CEIBO, MINGA.                               |
| Contar con información técnica de las especies implantadas.               | Para asegurar éxito de la inversión (puede ser especie nativa o exótica). Ejemplo: SICIREC, BOLIVERDE, CIMAL, AF Edelhoz.                 |
| La certificación del buen manejo de la PF (técnico-social).               | Para dinamizar trámites ante la ABT y acceder a créditos, mercados públicos entre otros. Ejemplo: SICIREC, MULTIAGRO, bosques tropicales. |

**Fuente:** Aguirre (2014).

Finalmente, hay factores de éxito transversales a los rubros como el referido al marco legal claro, caminos estables y transitables (todo el año), financiamiento/incentivos económicos para inversiones, asociaciones fortalecidas y fortalecimiento a la garantía de financiamiento, condiciones importantes para transporte de productos, organización para la comercialización y capital de operaciones como cualquier otro rubro agrícola o pecuario. El presente estudio contribuirá para el factor de éxito, porque provee información técnica de las especies implantadas.



### **Pro y contra de las plantaciones forestales**

Las observaciones y cuestionamientos a las plantaciones, en general, giran en torno a especies del género pinos y eucaliptos, tal vez por ser las más abundantes y que se plantan en mayor escala. Pero hay que tener un criterio técnico cuidadoso y bien fundamentado para tomar en serio o para hacer cuestionamiento.

Sánchez (2012), señala que parte del cuestionamiento de las forestaciones surge al tratar de comparar con bosques nativos o primarios, cuyo origen y estructura son totalmente diferentes; siendo que es más adecuado compararlo con otros cultivos plurianuales, necesarios para la actividad humana.

En la Argentina, (Díaz, 2009) un estudio comparativo concluyó que los cultivos anuales tradicionales en la región como soja y arroz, utilizan mucho menos agroquímicos (herbicidas e insecticidas) y fertilizantes que los plurianuales como los cítricos que alcanza a 20 veces menos en proporciones por superficie.

Otro estudio, comparó las capas freáticas de cultivos forestales y praderas de siega colindantes donde no se observan comportamiento diferencial. Sin embargo, debe considerarse que el consumo necesario de agua puede tener alguna influencia en las condiciones a nivel de microcuencas, como el caso de la escala de lote (COFRU, 2011).

Un estudio en Brasil (Lima y Freire, 1976) examinó el consumo de agua durante la estación seca en plantaciones de eucaliptos y de pinos en el Brasil y se compara con el de la vegetación herbácea natural, mediante la técnica de balance hídrico del suelo. Los resultados no representan diferencias significativas en los regímenes del agua del suelo en estas cubiertas vegetales. Por ende, no hay ningún efecto adverso en las plantaciones de eucaliptos en el régimen de agua del suelo, frente al observado en la vegetación herbácea natural (y en los pinares).

Anón (1992), luego de analizar diferentes variables y el impacto del Eucalipto en Australia concluye que no son árboles positivos ni negativos y, antes de proceder a su plantación, es preciso analizar cuidadosamente sus efectos ecológicos y sociales. En ciertos casos pueden existir razones concretas de preocupación. La mayor parte de los

problemas concernientes a los eucaliptos obedecen a dos causas principales: una concerniente a la definición poco precisa de los objetivos inherentes al cultivo de los árboles y, otra, el uso de los eucaliptos en lugares donde serían más apropiadas otras especies.

## **Los eucaliptos híbridos**

### **Conceptualización**

Por definición un híbrido se conoce como el producto del cruzamiento natural o artificial entre dos genotipos diferentes. En forestales, la definición más apropiada se refiere a que un híbrido es el cruzamiento entre especies (híbridos interespecíficos) y algunas veces entre orígenes bien diferentes dentro de una misma especie (híbridos intraespecíficos). El primer cruzamiento entre poblaciones se conoce como híbrido F1 (F1 hybrid) (Nickles, 1992 & Zobel y otros, 1987. En Marco & Harrand, 2005).

Los híbridos heredan las características de sus padres de una manera intermedia. Dado que se hereda, tanto lo bueno como lo malo, es muy recomendable utilizar los mejores genotipos como padres. El concepto de superioridad híbrida, aparece asociado al término usado en producción animal para indicar complementariedad (debido a genes de acción aditiva) cuando el híbrido combina características deseadas de ambos padres y heterosis o vigor híbrido (debida a genes de acción no aditiva). Esto sucede toda vez que el híbrido es superior, generalmente en términos de crecimiento, a la medida de los padres.

### **La hibridación en especies forestales**

La formación espontánea de híbridos interespecíficos es rara en los árboles forestales. Ha sido más reportada para el eucalipto, en el cual ocurre de manera espontánea, otros casos fueron reportados en poblaciones híbridas (FAO, 1981 & Lamprecht, 1990). Cada especie tiene normalmente su propia identidad en condiciones naturales. La integridad genética de las especies se debe a:

- Barreras geográficas
- Barreras ecológicas

- Diferencias fenológicas
- Diferencias fisiológicas

La hibridación es empleada más como un método de mejoramiento, por ejemplo: las hibridaciones juegan un papel vital en la creación de nuevas combinaciones y cambio de frecuencias genéticas. Uno de los programas más exitosos, que realiza hibridación y selección, es el de la Compañía de Reforestación Industrial Unida en Point Noire (EE.UU.). Aprovecha los resultados de mejoramiento, mediante la hibridación en F1 (combinaciones) entre varias especies de eucalyptus (Jara, 1995). Sin embargo, Brasil también logró importantes resultados.

Las especies forestales con potencial de hibridación son los taxones; es decir, de su mismo género como es el caso particular demostrado con especies eucalyptus. En este sentido, comúnmente se considera que los eucaliptos de Tarija, o de otro departamento en Bolivia, podrían cruzar o hibridarse con las especies nativas, pero esta es una creencia errónea.

### **Historia de la hibridación del género eucaliptus**

De acuerdo con los antecedentes aportados por Raymond y Apiolaza (2004), la domesticación de especies de eucalyptus se inició hace 150 años. Pero fue en las décadas de los 70 y 80 del siglo XX cuando comienza hacerse prácticas para su mejoramiento formal que incluyen caracteres económicos. Los primeros programas en eucalyptus globulus, por ejemplo, se iniciaron a finales de la década de los 60 en Portugal y Australia y en el resto de los países entre la década de los 80 y principios de los 90.

En Brasil, los proyectos de reforestación tuvieron inicio con la introducción del eucalipto el año 1904 para atender la demanda de leña y durmientes.

La década del 80 fue marcada inicialmente por la empresa ARACRUZ, que dominó la técnica de propagación vegetativa y plantaciones clonales del eucalipto, destacándose los híbridos eucalyptus grandis y eucalyptus urophylla. (López & García, 2000).

En Chile hay un pujante sector forestal a base de plantaciones del género eucalyptus y pinus. Según Ipinza et al. (2014) el año 2004 INFOR inicia un vasto programa de hibridación de especies de eucalyptus con el fin de conferir tolerancia a la sequía de eucalyptus globulus. En el año 2008 se registró el primer clon híbrido de eucalyptus tolerante a la sequía de eucalyptus globulus por eucalyptus tereticornis.

Las especies como eucalyptus globulus, eucalyptus dunnii y eucalyptus viminalis integran el denominado grupo de eucaliptos blancos o claros. En cambio, eucalyptus grandis, eucalyptus saligna y el híbrido urograndis integran el grupo de los rosados. Las especies integrantes de los grupos blancos y rosados son consideradas comercialmente de rápido crecimiento ( $> 25 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ ), mientras que aquellas del grupo colorado se las tiene de mediano a bajo crecimiento ( $25 \text{ a } 10 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ ).

Entre las especies de eucaliptos colorados están eucalyptus camaldulensis, eucalyptus tereticornis, eucalyptus amplifolia, eucalyptus glaucina, eucalyptus blakelyi y eucalyptus rudis. Su rusticidad explica por qué son las especies predominantes en aquellos sitios donde, por diferentes motivos, limitan la adaptación de la mayoría de las especies forestales. Su madera presenta buenas propiedades físicas y mecánicas. Por su alta densidad y dureza los eucaliptos colorados son muy aptos para fines energéticos (leña y carbón), para tableros de fibras de alta densidad y también para productos de madera sólida como parquet y muebles (Balmelli & Resquin, 2010).

### **Características del híbrido eucalyptus urograndis**

De acuerdo a la Tabla 3, el eucalyptus urograndis es originario de Brasil; además posee una densidad media, tiene amplios usos y turno de corta rápida con gran capacidad de adaptación porque posee una vasta amplitud de pisos altitudinales con exigencia de suelos franco-arcillosos no compactados y de buen drenaje.

**Tabla 3**

**Características generales del eucalipto híbrido *eucalyptus urograndis***

| Especie/Origen  | Características comerciales    |   | Turno de corta final (años) | Condiciones adecuadas de sitio   |
|---|--------------------------------|---|-----------------------------|--|
|   | Densidad                       | Usos  |                             |  |
| Eucalipto híbrido ( <i>eucalyptus urograndis</i> ) Australia y Tasmania, híbrido Brasil | (0,45-0,55 g/cm <sup>3</sup> ) | Leña, carbón, construcción civil, celulosa y papel, puntales, machones, parquet, tableros de fibras, energía. | 6 a 12 años                 | Crece de 0 a 2000 msnm<br>Precipitación: 800 - 1200 mm.<br>Temperatura: 24°C<br>suelos franco-arcilloso, no compactados, profundos y con buen drenaje. |

**Fuente:** P&CMaderas (2013). En <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>

### Descripción de la especie y distribución

El eucalipto híbrido es originario de Australia y Tasmania, se trata de un grupo de rápido crecimiento. Abarca cerca de 700 especies distribuidas en regiones, especialmente en climas mediterráneos, tropicales o subtropicales. Se localiza también en México, Brasil, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Ecuador y Chile.

**Tabla 4**

#### *Descripción taxonómica del eucalipto híbrido*

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Nombre Científico</b> | <i>Eucalyptusurophylla X Eucalyptusgrandis</i> |
| <b>Nombre Común</b>      | Eucalipto urograndis                           |
| <b>Reino</b>             | Plantae  |
| <b>División</b>          | Magnoliophyta                                  |
| <b>Clase</b>             | Magnoliopsida                                  |
| <b>Subclase</b>          | Rosidae  |
| <b>Orden</b>             | Myrtales                                       |
| <b>Familia</b>           | Myrtaceae                                      |
| <b>Subfamilia</b>        | Myrtoideae                                     |
| <b>Tribu</b>             | Eucalypteae                                    |
| <b>Género</b>            | Eucalyptus                                     |
| <b>Especie</b>           | E. urophylla x E. grandis                      |

El eucalipto *urograndis* es un híbrido de *Eucalyptusurophylla* y *Eucalyptusgrandis* y es considerada una especie de rápido crecimiento (rendimiento mayor a 45 m<sup>3</sup>/Ha/año).

Crece normalmente hasta 25 metros de altura y en ocasiones alcanza los 50 metros con un diámetro de 30 cm a 1,5 metros.

En cuanto a las propiedades de su madera, en la siguiente tabla se resumen sus características sobresalientes:

**Tabla 5**

***Propiedades del eucalipto híbrido***

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Color</b>             | Amarillo pálido                                     |
| <b>Veteado</b>           | Poco diferenciado                                   |
| <b>Textura</b>           | Mediana   |
| <b>Grano</b>             | Recto a entrecruzado                                |
| <b>Sabor</b>             | No distintivo                                       |
| <b>Brillo</b>            | Mediano   |
| <b>Durabilidad</b>       | La albura no es muy durable, el duramen lo es mejor |
| <b>Trabajabilidad</b>    | Responde a cepillado, taladrado, enclavado          |
| <b>Densidad aparente</b> | De 450 a 550 kg/m <sup>3</sup> -liviana             |
| <b>Dureza</b>            | 300 a 500-blanda                                    |

|  |  |
|--|--|
| <b>resistencia al fuego</b>                | Buen comportamiento  |
| <b>tintes -adhesivos</b>                   | Acepta -no mancha azul   |
| <b>Plagas</b>                              | No muy susceptible al taladrador<br>( <i>Hylotrupesbajulus</i> ) |
| <b>Flexión</b>                             | Resistente   |
| <b>Compresión</b>                          | Muy resistente   |
| <b>Tracción</b>                            | Resistente   |
| <b>Arrancamiento de clavos y tornillos</b> | Muy bueno  |
| <b>Pulido</b>                              | Necesita cuidado   |
| <b>Preservación</b>                        | Acepta persevantes   |

**Fuente:** P&CMaderas (2013).

### **Importancia del eucalyptus urograndis**

Según Ferreira (1992), el mejoramiento genético forestal selecciona como genotipos superiores a los individuos con excelentes características silviculturales y tecnológicas (densidad básica, contenido de lignina y de extractivos, rendimiento y características de la celulosa). En Brasil, varias compañías tienen proyectos forestales utilizando la silvicultura clonal, estos han sido instalados como base de expansión de la industria de celulosa y papel en los estados de Sao Paulo, Bahía, Maranhao, Amapá, etc. Los excelentes resultados obtenidos con el híbrido eucalyptus grandis x eucalyptus urophylla, propagado clonalmente, vienen siendo la principal justificación en China,



Venezuela, África del Sur e Indonesia para introducir la silvicultura clonal en sus programas de abastecimiento de madera para las industrias.

En Brasil, inicialmente, las plantaciones forestales de eucaliptos no alcanzaban más de 20 m<sup>3</sup>/ha/año (Vale, *et al.*, 2014), luego que se desarrollaron técnicas de hibridación y de clonación (años 2000) de individuos que mostraban alta productividad y resistencia a las enfermedades como la obtención del clon del Eucalipto urograndis (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) que fue el gran impulsor del ritmo de crecimiento forestal en dicho país, así como de la calidad más homogénea. Actualmente, empresas líderes consiguen productividades medias de 30 a 45 m<sup>3</sup>/ha/año, pero hay muchas plantaciones creciendo con 50 m<sup>3</sup> y aún más. El año 2013 se tenía un total 6,5 millones de ha (de los cuales alrededor de cinco millones correspondía al eucalipto) con plantaciones forestales que beneficiaban directamente a cuatro millones de personas, convirtiendo al país carioca en el más grande exportador de celulosa del mundo. En el ámbito ambiental, los eucaliptos brasileños absorben 196 mil millones de toneladas de carbono (Vale, *et al.*, 2014).

Otros campos importantes del cultivo del eucalipto son la bioenergía y el negocio del CO<sub>2</sub>; las plantaciones deberán atender la continua y creciente demanda de carbón vegetal y de la futura fabricación de etanol como biocombustible. Además, para el secuestro de CO<sub>2</sub> de la atmósfera. También es importante en la agroforestería y silvopastura en el contexto de la sustentabilidad con la producción permanente de alimentos y de secuestro del carbono de la atmósfera.

Estudios de modelos de variación radial de la densidad y la formación de tres tipos de madera (juvenil, de transición y adulta), determinaron que el valor medio de densidad aparente de la madera fue de 0,46 g/cm<sup>3</sup> y 0,54 g/cm<sup>3</sup> para los clones de *eucalyptus grandis* y *eucalyptus grandis* x *urophylla*, respectivamente (Arango & Tamayo, 2008).

En el municipio de Corumbra (próximo a Bolivia), evaluaciones de plantaciones de eucalyptus urograndis con espaciamiento de 3,0 X 1,5 m y fertilización completa de suelo concluyeron que el eucalyptus urograndis se desarrolla rápidamente entre las edades de 2,5 a 3,5 años, presentando bajos índices de mortalidad (13%) y plantaciones relativamente homogéneas con una media general de diámetro (DAP) de 9,46 cm y de altura de 14,3 metros, recomendándolos para su producción en aquél municipio (Rodríguez, et al., 2014).

### **Daños más frecuentes en plantaciones de eucalyptus urograndis**

Los eucaliptos en general se encuentran dentro de los árboles que requieren mayor protección contra fuegos, plagas y enfermedades, principalmente en los primeros años de haber sido plantados.

El gorgojo del eucalipto *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) es considerado como la principal especie de escarabajo desfoliador de eucalipto a nivel mundial, presente en cuatro continentes. Este insecto, de origen australiano, fue introducido accidentalmente en Sudáfrica hacia fines del siglo XIX, donde causó extensa defoliación en los plantíos. En Brasil ocurren dos especies: *G. scutellatus* y *G. gibberus*. (Wilcken, et al., 2008).

Desde 1993 su ocurrencia es esporádica en plantaciones de eucalipto en la región sur del Brasil y también en el sur del estado de San Pablo, pues, la plaga es mantenida en equilibrio por un enemigo natural específico: el microhimenóptero *anaphes nitens* (Hymenoptera: Mymaridae).

En septiembre de 2003 fue verificada la ocurrencia de larvas y adultos de *G. scutellatus* atacando plantíos clonales de eucalyptus grandis x eucalyptus urophylla ("urograndis") con edades entre ocho meses y seis años en la municipalidad de Aracruz, ES.

Inicialmente había dudas sobre el real riesgo de la plaga en la región, pues, no se tenía plantaciones con especies de eucalipto susceptibles; además el clima cálido y húmedo, durante el año, podría ser desfavorable. El estudio de la bioecología en laboratorio demostró que *G. scutellatus* se desarrolló bien en eucalyptus urophylla y en clones

híbridos urograndis, demostrando la susceptibilidad de los clones plantados (Oliveira, 2006).

Durante el 2004 se inició el proyecto de manejo del gorgojo del eucalipto, poniendo el control biológico como principal objetivo. En el comienzo del proyecto fue probado el hongo entomopatogénico *Beauveria bassiana*. Tanto las pruebas de laboratorio como de campo probaron la eficiencia del insecticida biológico, que fue aplicado en gran escala durante el 2004 y 2005, por aplicación terrestre.

Otra de las plagas importantes es la chicharrita de escudo, en Brasil en junio de 2003 fue detectada la ocurrencia de la chicharrita de escudo, *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) en Mogi-Guaçu, SP (Wilcken, et al., 2003). Luego de cinco años de introducida la plaga, se encuentra diseminada por diez estados brasileños y el distrito federal. Además de estar presente en varios países vecinos como Argentina, Uruguay, Paraguay y Colombia. El primer país de la región en tener la plaga detectada fue en Chile en 2002.

Sin embargo, para Daanen, *et al.* (2005) el principal enemigo natural es el parasitoide *Psyllaephagus bliteus* (Hymenoptera: Encyrtidae) que fue encontrado en Brasil luego de ser detectada la plaga. En cuanto a su biología, *P. bliteus* parasita ninfas del 3° al 5° instar de la chicharrita, colocando un huevo por ninfa y pudiendo parasitar hasta 125 ninfas por hembra. El ciclo de desarrollo (huevo-pupa) del parasitoide es de 18 días a una temperatura de 26°C.

Otra plaga es el chinche del eucalipto *T. peregrinus*, que fue erróneamente identificada como *T. australicus*. En Brasil fue detectada el 23 de junio de 2008 en campos de EMBRAPA-Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, dentro de árboles aislados de *eucalyptus camaldulensis*. Por entonces, los insectos fueron recolectados y conservados en alcohol 70% para enviarlos al biólogo Juan Pedro Bouvet (Argentina) a objeto de confirmar la especie. Además del estado de São Paulo, la plaga fue detectada en São Francisco de Assis, RS, en mayo de 2008, sobre clones híbridos de *eucalyptus grandis* x *eucalyptus urophylla*. Actualmente, se encuentra también en Rosário do Sul, RS.

En el estado de São Paulo, la plaga se está diseminando rápidamente por las principales rutas. Hasta el momento, el insecto fue detectado en los municipios de la región este y central del estado.

En cuanto al manejo de la chinche del eucalipto, hay pocas alternativas conocidas. En Sudáfrica, los investigadores están intentando importar enemigos naturales de Australia. Al no existir aún ningún método de control, el candidato más probable es el parasitoide de huevos *Cheruchoides noacke* (Hymenoptera: Mymaridae). (Lin, *et al.*, 2007).

En Bolivia, el SENASAG practica una vigilancia fitosanitaria con el objetivo de contar con una detección oportuna ante la posible introducción de la plaga. En Tarija se implementaron rutas de trampeo con trampas amarillas pegantes, especialmente en puntos de ingreso e intercambio comercial (SENASAG, 2016).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Método

Para planificar y ejecutar el trabajo de campo mediante el monitoreo, tabulación y cálculo de los resultados, se aplicó la metodología del MIRASILV (Ugalde, 2000) apropiada para plantaciones forestales tropicales, mediante el establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo, (PPM) debidamente ubicadas, señalizadas y marcadas para futuras mediciones.

Dicha metodología ya fue validada por el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) de Santa Cruz durante la realización del monitoreo de plantaciones comerciales.

Respecto al análisis de los resultados, a partir de las exportaciones de los datos promedios de las PPM por el MIRASILV, los datos han sido tabulados en Excel y se obtuvieron estadísticas descriptivas (medias de resumen). Solo en el caso de las variables de Altura Dominante (m) y de rendimiento ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) se utilizó el software estadístico InfoStat (Balzarini, et al., 2008).

Fueron hechas las comparaciones por pares de sitios, usando el estadístico de Wilcoxon (Mann-Whitney U) para determinar diferencias por sitios en las variables seleccionadas.

### Tipos de parcelas

Se instalaron ocho Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) para cada sitio de estudio con el fin de poder evaluar el crecimiento por un periodo largo de años, considerando un tamaño adecuado para que se utilicen hasta el turno de corta en función al número de raleos y densidad de la plantación.

### Tamaño y forma

El tamaño de la parcela dependió del número de árboles o su superficie, objetivo de la investigación, del producto final, las variables a medir y del diseño de la plantación. Osciló entre 322 a 333 m<sup>2</sup>.

La forma más común fue cuadrada o rectangular, según la disposición y número de filas de los rodales. La Tabla 3 resume los tamaños y formas de parcelas:

**Tabla 6**

*Descripción característica de las Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) y diseño*

| Ubicación            | Diseño de plantación               | Especie               | Nº PPM | Forma    | Características (Nº plantas)                            | Área promedio PPM (m <sup>2</sup> ) |
|----------------------|------------------------------------|-----------------------|--------|----------|---|-------------------------------------|
| Motacu (Warnes)      | Plantación pura o a campo abierto. | Eucaliptus urograndis | 8      | cuadrada | seis filas y seis plantas por fila (36 individuos/PPM). | 322,8                               |
| Huaytu (Buena Vista) |                                    |                       | 8      |          |   | 333,6                               |
| La Paliza (Porongo)  |                                    |                       | 8      |          |   | 325,8                               |

## Ubicación e instalación de las parcelas

### Establecimiento, demarcación y señalización de parcelas

Según la Figura 1 en cada una de las PPM se demarcaron las esquinas de las parcelas con pintura roja para las reubicaciones posteriores; luego se numeró la primera línea (de uno a seis) por donde se comenzó la evaluación y la última línea (31 a 36).

### VARIABLES MEDIDAS

Las principales variables que se evaluaron fueron:

- Diámetro (DAP)
- Altura total (m)
- Altura comercial (m)
- Posición sociológica (árbol dominante, codominante y suprimido)

### Fórmulas empleadas para las principales variables

La particularidad del sistema MIRA 2.6 es que, una vez introducido y depurados los datos de acuerdo los formularios uno al cinco, citados en el acápite anterior, automáticamente se reportan las principales variables dasométricas (diámetro, altura, incrementos medios anuales, área basal, volumen), datos del sitio, experimento, parcela, suelos y clima. Los cálculos respectivos para las variables dasométricas se determinaron de la siguiente manera:

**Sobrevivencia:** Estimada en base al número inicial de árboles plantados y su relación porcentual respecto al número de individuos encontrados al momento de la evaluación.

$$S(\%) = (N_f / N_i) * 100 \quad (1)$$

Donde:

S (%) = Supervivencia

N<sub>f</sub> = Número de árboles medidos

$N_i$  = Número de árboles plantados inicialmente

**Diámetro promedio con corteza:** Se la puede estimar empleando una cinta métrica, midiéndose la circunferencia a la altura del pecho (CAP medido a 1,3 metros del nivel del suelo) para luego convertir los datos a diámetro. La fórmula empleada es:

$$DCC \equiv \sqrt{D_{1j}^2} + \sqrt{D_{2j}^2} + \sqrt{D_{3j}^2} + \dots + \sqrt{D_{nj}^2/n} \quad (2)$$

Donde:

DCC= Diámetro promedio con corteza

$D_{ij}$  = Diámetro del árbol  $i$ ésimo, eje  $j$ taésimo

$n$  = Número de ejes con dap

**Altura total promedio:** Se la determinó directamente empleando una regla graduada de cuatro metros, construida especialmente para este fin. La medición se hizo desde la base del árbol.

**Altura dominante:** Esta altura es el mejor indicador de la calidad del sitio que las otras alturas, debido a su amplia independencia del manejo del rodal (Prodan, et al., 1997). Se sigue el mismo procedimiento anterior, pero para aquellos 100 individuos más altos expresados por hectárea.

**Incremento Medio Anual (IMA):** Se considera así a la relación del crecimiento en diámetro o altura en función a la edad de la plantación.

$$IMA-DAP = DCC/N_a \quad (3)$$

Donde:

IMA-DAP = Incremento Medio Anual en diámetro (cm)

DCC = Diámetro promedio con corteza



Na = Edad de la plantación

$$\text{IMA-HT} = \text{Ht/Na} \quad (4)$$

Donde:

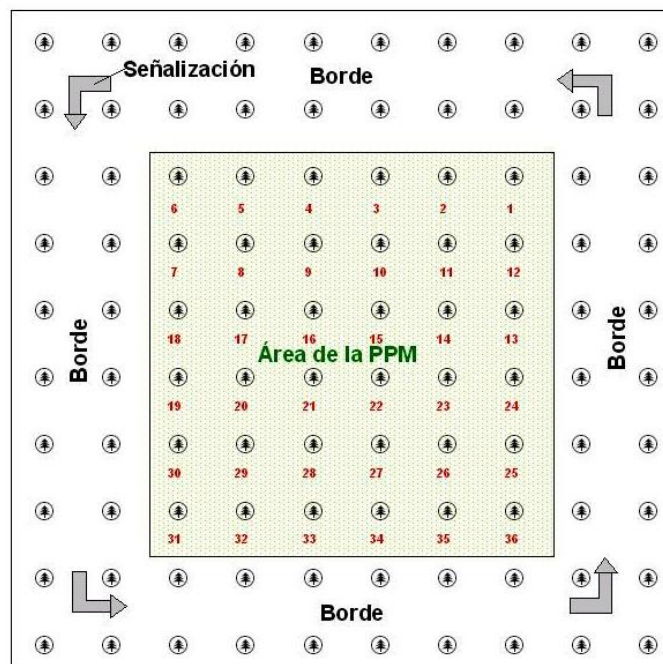
IMA-HT = Incremento Medio Anual en altura (m)

Ht = Altura total promedio

Na = Edad de la plantación

### **Figura 1**

#### ***Diseño de una Parcela Permanente de Muestreo***



### **Formularios de medición y códigos**

Para la presente evaluación se utilizaron los formularios de campo estandarizados y los códigos del sistema MIRASILV (Manejo de Recursos Arboreos-Componente Selvicultura), siendo los siguientes:

- Descripción del Sitio (Predio)
- Descripción del experimento (Plantación)
- Descripción de parcela (para cada una ellas)
- Medición de los árboles en pie (cada PPM)
- Los códigos empleados fueron:

\*Muertos: -99

\*Medido pero excluido: -88

\*Dominante : I

\*Codominante : J

\*Suprimido : K

### **Suelos**

Fueron realizadas calicatas, una en cada sitio de plantaciones de 1 metro de profundidad, y su descripción. También se tomaron muestras de suelo donde estaba ubicada la plantación, siguiendo las recomendaciones del CIAT\_SC (Muestras de Suelo: Mediante recorrido en zig- zag recolectar de 20 a 30 submuestras con una pala a 30 cm de profundidad y mezclar en un balde, para luego etiquetar 0,5 kg para el laboratorio); además de la siguiente información resumida:

- Información acerca del sitio de la muestra
- Información general acerca del suelo
- Breve descripción general del suelo:
- Descripción de los horizontes del perfil

## V

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN****5.1 Descripción general de los sitios**

El estudio fue realizado en el municipio de Warnes, Provincia Warnes; Buena Vista, Provincia Ichilo y Porongo, Provincia Andrés Ibáñez conforme se aprecia en los mapas del Anexo 1. La Tabla 7 describe la ubicación geográfica, así como las áreas de estudio cuya superficie oscila entre 2, 13 y 17,39 ha cubiertas de plantaciones del *eucalyptus urograndis*.

**Tabla 7**

*Características de los sitios de estudio del eucalyptus urograndis*

| <b>Sitio</b> | <b>Ubicación</b>   | <b>Provincia</b> | <b>Municipio</b> | <b>Coordenadas</b> |         | <b>Superficie (ha)</b> | <b>N° PPM</b> |
|--------------|--|------------------|------------------|--------------------|---------|------------------------|---------------|
| Motacu       | A 4 km de carretera Warnes-Montero por ruta Candelaria.  | Warnes           | Warnes           | 486799             | 8058503 | 2,13                   | 8             |
| Huaytu       | A 3 km al sur de Huaytu ,carretera a San Rafael.         | Ichilo           | Buena Vista      | 436061             | 8053548 | 9,42                   | 8             |
| La Paliza    | A 8 km hacia el sur del ingreso a las Colinas del Urubó. | Andrés Ibáñez    | Porongo          | 477452             | 8045096 | 17,39                  | 8             |

## Clima

El clima, en general, es similar en los tres sitios de estudio porque pertenece al bosque húmedo templado (bh-TE) tal como se observa en la descripción de la homologación edafo-climática de las áreas de estudio (véase Anexos 2, 3 y 4). La altitud oscila de 350 msnm a 667 msnm, la temperatura similar promedio alcanza los 24 °C, la precipitación incrementa de 1250 mm en Warnes a 1350 mm en Porongo, es mayor en Huaytu con 1450 mm. La diferencia, al parecer, es en los meses secos que varían desde un mes (Warnes), dos meses (Huaytu) hasta los tres meses en Porongo. Sin embargo, la menor precipitación en Warnes tiene solo un mes seco, que es compensado con una buena distribución anual de las lluvias en su menor precipitación.

## Vegetación

Como se puede apreciar en la Tabla 6, los sitios de estudio son áreas antrópicas que según Navarro (2008) pertenecen a los sitios Motacu y La Paliza en los bosques de llanuras de Santa Cruz de la Sierra y del sitio Huaytu en la Amazonía preandina.

**Tabla 8**

### *Clasificación de la vegetación de los sitios de estudio*

| Sistemas de clasificación   | Sitios                                     |   |  |
|-----------------------------|--|---|--|
|                             | Motacu                                     | La Paliza                                 | Huaytu   |
| <b>Vegetación (Navarro)</b> | Llanuras de Santa Cruz (áreas antrópicas). | Llanuras de Santa Cruz (áreas antrópicas) | Amazonía preandina de Santa Cruz (áreas antrópicas). |

## **Suelo y topografía**

A cerca de los suelos, según los resultados del análisis del laboratorio (Véase anexo 8) y descripción de las Calicatas, practicadas en cada sitio, se aprecia que por lo general son de textura franco arenosos y areno francoso profundos (>a 1 m). Es decir, tienen buen drenaje interno y externo donde la disponibilidad de materia orgánica es moderada (2,4 a 2,7). En estos sitios el pH está entre 5 y 6,1 hasta ligeramente ácido, lo que redundaría en una fertilidad media elementos como Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Magnesio (Mg) y Boro que son de baja disponibilidad.

La topografía del terreno donde se encuentran establecidas las plantaciones son comúnmente planas y levemente onduladas.

Cochrane (1973), realizó un estudio y mapa de sistemas de tierras. Sus resultados son coincidentes para Buena Vista zona sud, donde se encuentra Huaytu, en este sitio la textura es liviana y señala que gran parte de la región podría ser deficiente en fósforo, potasio, posiblemente azufre y nitrógeno. De la misma manera describe para Viru-Viru un área próxima y similar a Motacu y Porongo, donde los suelos son frecuentemente arenosos y deficientes en los mismos elementos químicos y, además, probablemente para otros elementos menores.

### **5.2 Homologación edafoclimática para los sitios de estudio**

Se ha practicado un análisis para cada sitio de estudio versus los requerimientos de la especie en su sitio original, considerando que es importante inicialmente observar la posible interacción genotipo y ambiente (véanse anexos 2, 3 y 4). Al respecto, en la Tabla 7 se observa el grado de cumplimiento de los sitios de estudio a las exigencias de la especie. Se aprecia que:

En cuanto a la posición geográfica y altitud, la ubicación de los sitios de estudio es adecuada para el *eucalyptus urograndis* (procedente de Brasil).

Respecto a la precipitación, esta también es adecuada, aunque se observa que el sitio Motacu presenta la menor precipitación. Sin embargo, se compensa por su buena distribución anual porque tiene solo un mes seco.

La temperatura promedio anual, en los tres sitios de estudio, es similar a la exigida por la especie (24 °C).

En cuanto al suelo, la profundidad es apropiada, se debe mejorar la fertilidad en particular de nitrógeno en los tres sitios y de Boro en Motacu y La Paliza. El potasio (K) es deficiente en Huaytu es probable que esté afectada su capacidad de retención de agua.

En cuanto al pH, drenaje y topografía son apropiados en los sitios de estudio.

No se observan factores limitantes, excepto los de fertilidad que se mencionan.

Podría decirse, de manera general, que en los tres sitios de estudio existen las condiciones edafoclimáticas apropiadas para la especie, demostrando asimismo la plasticidad de la especie *eucalyptus urograndis*. Sin embargo, en el aspecto del suelo y su fertilidad estas pueden mejorarse realizando las enmiendas adecuadas, considerando que aquella a pesar de no ser exigente en suelos ricos en nutrientes responde a la fertilización, tal como lo demuestran diversos estudios (Arruda & Malavolta, 2001; Graciano, et al., 2015; Lamprecht, 1990).

**Tabla 7****Resumen grado de cumplimiento homologación edafoclimática**

| <b>Características del <i>eucalyptus urograndis</i></b>  | <b>Sitio<br/>Huaytu</b>                | <b>Sitio<br/>Motacu</b>       | <b>Sitio<br/>La Paliza</b> |
|--|--|-------------------------------|----------------------------|
| Origen:<br>Región costera de Queensland y en el Nuevo Gales del Sur (Australia).   | Municipio:<br>Buena Vista<br>(Huaytu). | Municipio:<br>Warnes.         | Municipio:<br>Porongo.     |
| Latitudes 32 a 17° Sur (Brasil zoneamiento <i>eucalyptus grandis</i> próximo a 10° a 20° aptitud climática media y entre 20 a 30° aptitud climática alta). | Dentro del rango.                      | Dentro del rango.             | Dentro del rango.          |
| Altitud: 0 a 900 msnm  | Cumple                                 | Cumple                        | Cumple                     |
| Precipitación media: 1000 a 1750   | Cumple                                 | Cumple<br>(la de menor rango) | Cumple                     |
| Temperatura media: Máxima 32 y mínima 5 °C (Promedio 24° C).   | Cumple                                 | Cumple                        | Cumple                     |
| Régimen de lluvia: Estación seca de tres meses.  | Dos meses secos                        | Un mes seco                   | Tres meses secos           |
| Zona de vida: Bosques seco tropical, húmedo tropical, húmedo   | Cumple                                 | Cumple                        | Cumple                     |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| pre-montano, muy húmedo<br>premontano y muy húmedo<br>montano bajo.   |  |  |   |
| Suelos: Este eucalipto requiere suelos profundos, de textura variable, franco-arcillosos no calcáreos. No es exigente en suelos ricos en nutrientes.  | Areno<br>francoso,<br>fertilidad<br>media.       | Franco<br>arenoso,<br>fertilidad<br>media.   | Franco<br>arenoso,<br>baja<br>fertilidad.         |
| pH: ligeramente ácido.  | Cumple   | Cumple                                       | Cumple  |
| Drenaje: Buen drenaje interno y externo. Tolera períodos cortos de inundación, siempre y cuando el agua circule.  | Cumple   | Cumple                                       | Cumple  |
| Topografía: Plana a ligeramente ondulada en pendientes menores al 25%.  | Cumple   | Cumple                                       | Cumple  |
| Profundidad efectiva: Mayor a 50 cm.  | Cumple   | Cumple                                       | Cumple  |
| Factores limitantes: Se adapta mal a suelos compactos impermeables, inundables y superficiales. No se recomienda sembrarlo en suelos con menos de 50 centímetros de profundidad. Es sensible a la deficiencia del boro. | Bajo contenido de magnesio, potasio y nitrógeno. | Bajo contenido de nitrógeno, fósforo y boro. | Baja disponibilidad de boro, nitrógeno y fósforo. |

**Fuente:** Elaboración propia (2017).



## De la sobrevivencia

Asumiendo una distancia entre planta y filas homogénea de 3 x 3 m, se asume que inicialmente se plantaron alrededor de 1111 árboles por ha. De acuerdo a la medición y conteo en campo (Véanse Tablas 8 y Figura 2), después de la evaluación se tiene que la mayor sobrevivencia se ha logrado en el sitio Motacu (83,8 %) seguido en el sitio de La Paliza con (76,9%) y la menor en el Sitio Huaytu (68,4%).

**Tabla 8**

### *Sobrevivencia de la especie por Sitio de estudio*

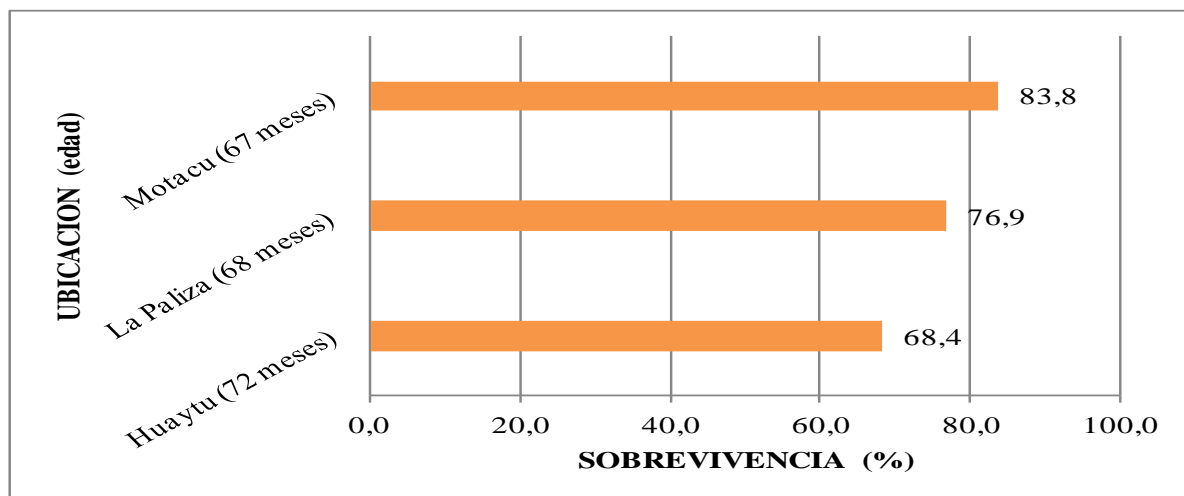
| Resumen Estadístico                 | Huaytu (72 meses) |              | La Paliza (68 meses) |              | Motacu (67 meses) |              |
|-------------------------------------|-------------------|--------------|----------------------|--------------|-------------------|--------------|
|                                     | SUPERVIV (%)      | Nº ARBOL/H A | SUPERVIV (%)         | Nº ARBOL/H A | SUPERVIV (%)      | Nº ARBOL/H A |
| <b>Pomedio</b>                      | 68,4              | 738,9        | 76,9                 | 849,1        | 83,8              | 933,6        |
| <b>Desviacion Estandar</b>          | 8,1               | 88,3         | 8,0                  | 98,5         | 6,7               | 82,3         |
| <b>Intervalo de_Confianza (0,5)</b> | 5,6               | 61,2         | 5,6                  | 68,3         | 4,7               | 57,0         |

**Fuente:** Base de datos MIRASILV 2.1, a partir de datos de campo de las PPM.

Según Chavarría y Valerio (1993) en sitios favorables a una especie, habrá mayor posibilidad de obtener un porcentaje mayor de sobrevivencia, en tal sentido al parecer el sitio Motacu parece tener una mejor condición de sitio para la especie en estudio.

**Figura 2**

**Promedios de sobrevivencia para tres sitios de la especie eucalipto híbrido (*eucalyptus urograndis*) en el departamento de Santa Cruz**



En Brasil (Corumba) un estudio del *eucalyptus urograndis*, a la edad de 4,5 años, señala que tuvo una sobrevivencia de 87,1% (Rodríguez, et al., 2013).

Finalmente, se considera que es aceptable una sobrevivencia entre 65 y 75% al menos entre el 1<sup>er</sup> y hasta el 5<sup>to</sup> año en plantaciones forestales (Chavarría & Valerio, 1993). Entonces, se puede resumir que los tres sitios tienen eucalipto híbrido con una sobrevivencia admisible y, por ende, una adecuada adaptación a sus condiciones agroecológicas (3). Esto confirma la adaptabilidad del híbrido en relación a diversos ambientes, lo que nos demuestra su potencial de uso en plantaciones.

### **Crecimiento diametral**

El crecimiento diametral o en grosor del árbol puede estar influenciado por el tipo de suelo, el espaciamiento y la densidad de la masa.

En la Tabla 9 y la Figura 3 se observan los resultados de su crecimiento para las especies (*eucalyptus urograndis*) de acuerdo al estudio en los predios, donde se aprecia que el mayor desarrollo en diámetro se dio en el Sitio Huaytu.

**Tabla 9**

*Crecimiento en diámetro total e incremento medio anual a una edad entre 67 y 72 meses del eucalyptus urograndis en tres sitios de estudio*

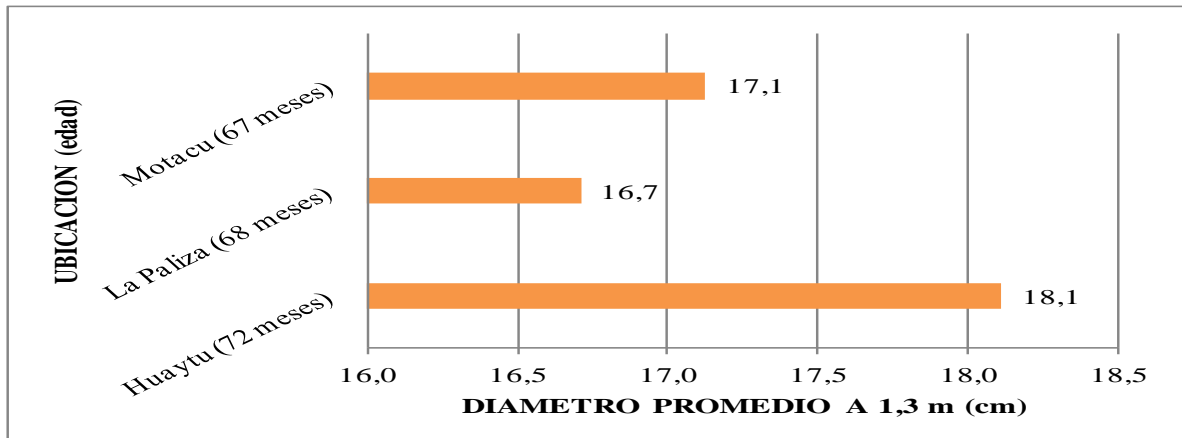
| Resumen Estadístico                 | Huaytu (72 meses) |              | La Paliza (68 meses) |              | Motacu (67 meses) |              |
|-------------------------------------|-------------------|--------------|----------------------|--------------|-------------------|--------------|
|                                     | DAP (cm)          | IMA DAP (cm) | DAP (cm)             | IMA DAP (cm) | DAP (cm)          | IMA DAP (cm) |
| <b>Pomedio</b>                      | 18,1              | 3,0          | 16,7                 | 2,9          | 17,1              | 3,1          |
| <b>Desviacion Estandar</b>          | 0,9               | 0,2          | 1,2                  | 0,2          | 0,8               | 0,1          |
| <b>Intervalo de Confianza (0,5)</b> | 0,6               | 0,1          | 0,8                  | 0,1          | 0,5               | 0,1          |

**Fuente:** Sistema MIRASILV 2.1.

Considerando que la especie tuvo una mayor mortalidad en el sitio Huaytu, se puede atribuir ese mayor crecimiento en diámetro a que hubo mayor espacio para su crecimiento. O sea, pudo estar influenciada por la densidad.

**Figura 3**

**Promedios de crecimiento en diámetro a los 5,5 y 6 años de edad para tres sitios del *eucalyptus urograndis***



Entonces un análisis respecto a rangos de crecimiento para la especie nos pueda indicar el grado de desarrollo alcanzado.

**Tabla 10**

**Rangos de Crecimiento para *E. grandis* en Honduras**

| Clase     | IMA dap (cm/año) | IMA alt (m/año) |
|-----------|------------------|-----------------|
| Excelente | --               | --              |
| Alto      | > 2,5            | > 2,5           |
| Medio     | > 1,5 - < 2,5    | > 1,5 < 2,5     |
| Bajo      | < 1,5            | < 1,5           |

**Fuente:** (Zabala, Sandoval & Gonzales, 1997).

En cuanto al crecimiento en diámetro del eucalipto híbrido observado en el IMA y comparado con el del *eucalyptus urograndis*, aquél ( $>2,9$  cm/año) está en el rango de crecimiento alto a excelente. Es decir, nos demuestra/confirma que una especie híbrida reúne mejores condiciones genéticas para un desarrollo más precoz que una especie.

Pero comparando los resultados con especies híbridas, por ejemplo, en Ecuador (Vinueza, 2012) cuenta con plantaciones del *eucalyptus urograndis* e indica respecto a su crecimiento en diámetro, que el incremento medio anual es de cuatro centímetros.

Otros estudios en Brasil, citados por Daetz (2015), Espinosa y Herrera (2005) a los cuatro y cinco años presenta una media de 12,36 cm (IMA 2,5 cm/año). Al respecto, Marques (2007), refiere un IMA de 4,7 centímetros para la misma edad.

Por lo que podemos concluir, que el crecimiento en diámetro del *eucalyptus urograndis* en Santa Cruz está en un término de crecimiento “alto” durante los primeros cinco años. Es posible que llegue hasta el grado de crecimiento “excelente” si se mejoran las prácticas silviculturales de manejo. Por ejemplo, las de raleo porque esta especie logra sus mejores crecimientos en los tres primeros años y se debería ralear a partir del segundo año, al menos si se trabaja con densidades de 3 X 3 metros o de 3 X 2 metros (celulosa).

## **Crecimientos en altura**

### **Altura total**

El crecimiento o desarrollo en altura es otro de los parámetros que se midió en todas las parcelas(8/sitio). Se observa en la Tabla 11 en los sitios La Paliza (18,9 m) y Motacu (18,6 m) los mejores desarrollos en alturas totales.

**Tabla 11**

***Crecimiento en Altura total e IMA ALT TOT media anual a los 6 años de las especies***

***en estudio***

| Resumen Estadístico                 | Huaytu (72 meses) |         | La Paliza (68 meses) |         | Motacu (67 meses) |         |
|-------------------------------------|-------------------|---------|----------------------|---------|-------------------|---------|
|                                     | ALT_TOT           | IMA_ALT | ALT_TOT              | IMA_ALT | ALT_TOT           | IMA_ALT |
|                                     | PR (m)            | TO (m)  | PR (m)               | TO (m)  | PR (m)            | TO (m)  |
| <b>Pomedio</b>                      | 16,9              | 2,8     | 18,9                 | 3,3     | 18,6              | 3,3     |
| <b>Desviacion Estandar</b>          | 0,7               | 0,1     | 1,2                  | 0,2     | 1,2               | 0,2     |
| <b>Intervalo de_Confianza (0,5)</b> | 0,5               | 0,1     | 0,8                  | 0,1     | 0,8               | 0,1     |

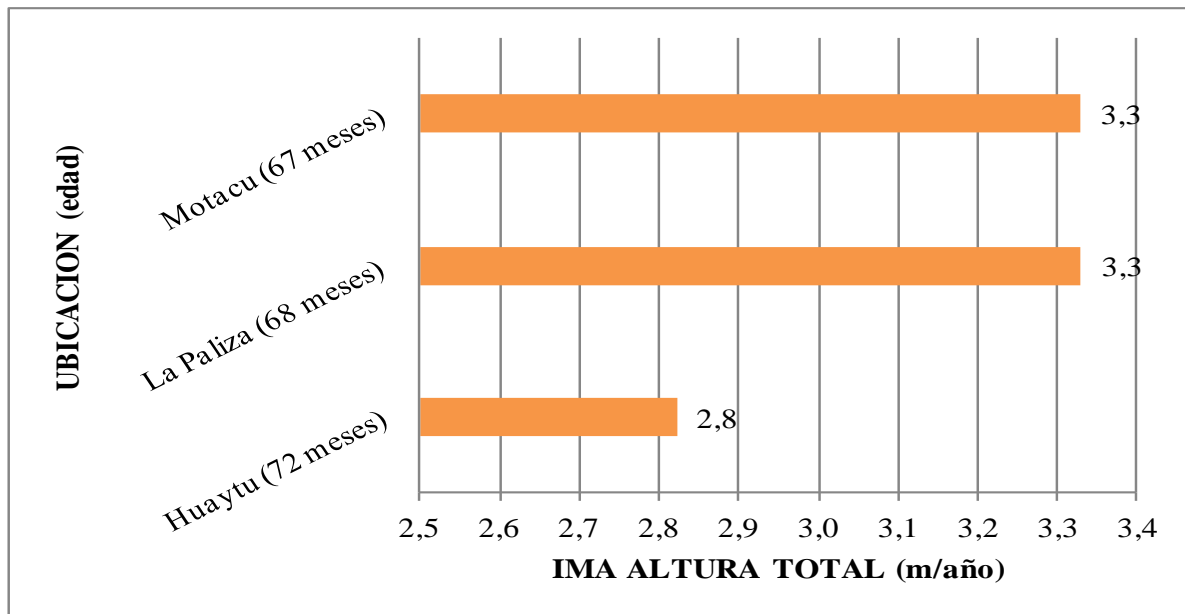
**Fuente:** Sistema MIRASILV 2.1.

En Ecuador para plantaciones del eucalyptus urograndis se indica un incremento en altura, medio anual, alrededor de 3,97 metros.

Según Daetz (2015) un estudio realizado en Brasil, determinó en una evaluación del eucalyptus urograndis a la edad 4,5 años una altura total promedio de 18,3 (IMA 4 m/año). Asimismo, similar al crecimiento en diámetro, en el periodo de 2,5 a 3,5 años, el eucalyptus urograndis logró su mayor desarrollo en altura. Ello indica la necesidad oportuna de raleo para la especie alrededor de las mencionadas edades.

**Figura 4**

**Promedios de Incrementos medios anuales en altura total a los 5,5 y 6 años de edad para tres Sitios del eucalyptus urograndis**



Por los antecedentes y resultados de incrementos anuales en altura (Figura 4), los crecimientos en altura del eucalyptus urograndis en los sitios de estudios son adecuados (excepto el de Huaytu), porque se acercan a los encontrados en países como Ecuador y Brasil, donde el híbrido es uno de las especies más plantadas y manejadas con tecnologías modernas.

#### **Altura dominante**

La Tabla 12 muestra las diferentes alturas dominantes o las más altas, alcanzadas por cada una de las especies en estudio (eucalyptus urograndis).

**Tabla 12**

***Crecimiento en Altura Dominante total media anual a los 6 años de edad de las especies en estudio***

| <b>Resumen Estadístico</b>          | <b>Huaytu (72 meses)</b>    | <b>La Paliza (68 meses)</b> | <b>Motacu (67 meses)</b>    |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                     | <b>ALTURA DOMINANTE (m)</b> | <b>ALTURA DOMINANTE (m)</b> | <b>ALTURA DOMINANTE (m)</b> |
| <b>Pomedio</b>                      | 19,5                        | 20,8                        | 20,2                        |
| <b>Desviacion Estandar</b>          | 0,9                         | 0,9                         | 0,8                         |
| <b>Intervalo de_Confianza (0,5)</b> | 0,6                         | 0,6                         | 0,6                         |

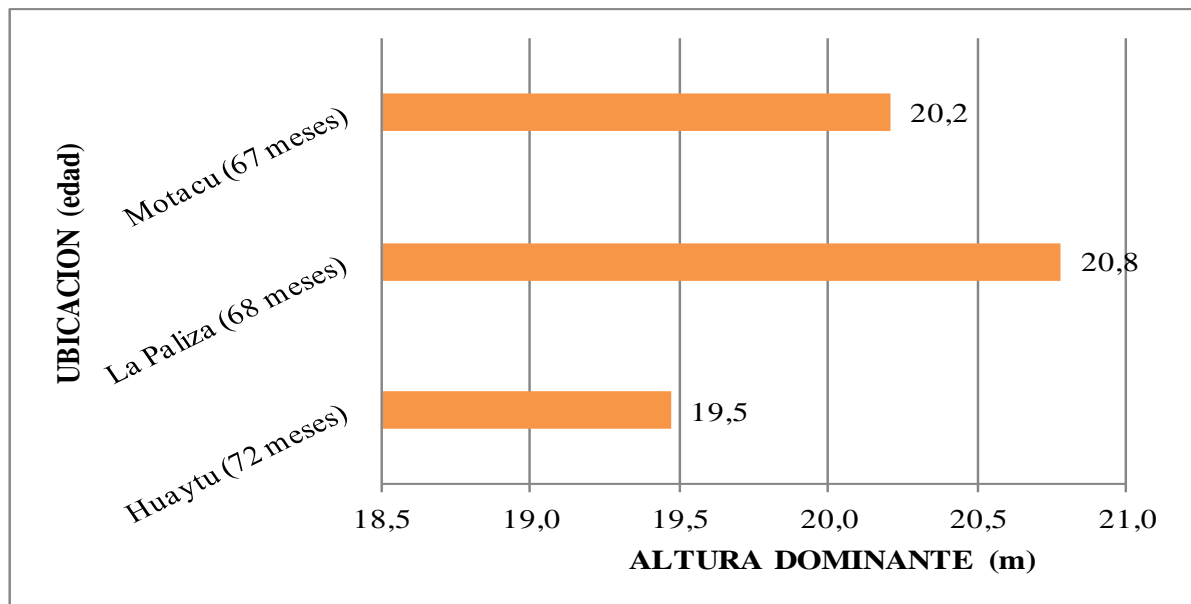
La altura dominante (promedio en altura de los 100 a 200 árboles más alto por hectárea, un indicador de calidad del sitio) es un buen indicador de la calidad de un sitio y salud de los árboles y es independiente de la competencia. En cambio, el diámetro no.

Prodan, et al. (1997) afirma que en la medición de la calidad de sitio variable más comúnmente usada es la altura dominante y esta es, en alto grado, independiente de la densidad y del manejo siempre y cuando los raleos y/o podas no sean muy intensas. Esto no ocurrió en los sitios de estudio, por lo que usaremos esta variable como indicador de la calidad del sitio.



**Figura 5**

**Alturas dominantes promedio a los 5,5 y 6 años de edad para tres Sitios del *eucalyptus urograndis***



Según la Figura 5 se deduce que los sitios La Paliza y Motacu son similares en calidad, pero ligeramente mejor es el sitio Huaytu considerando los resultados de sus alturas dominantes como un indicador de la calidad del desarrollo en función aquél.

En la Tabla 13 se comparan las alturas dominantes de los sitios de estudio (por ser una variable no dependiente de la densidad), considerando las ocho muestras tomadas mediante la prueba no paramétrica Wilcoxon (Mann-Whitnet U) de acuerdo con las probabilidades encontradas por véase anexo 6). De este amañera, es evidente que las alturas dominantes, promedios en los tres sitios de estudio, no son diferentes estadísticamente.

**Tabla 13**

*Comparación del crecimiento en altura dominante (probabilidad) realizado por medio de una prueba no paramétrica (Wilcoxon Mann Whitnet U) entre los Sitios de estudio*

| Sitio / Variable Hd | MOTACU | HUAYTU | LA PALIZA |
|---------------------|--------|--------|-----------|
| MOTACU              |        |        |           |
| HUAYTU              | 0,0822 |        |           |
| LA PALIZA           | 0,2909 | 0,0068 |           |

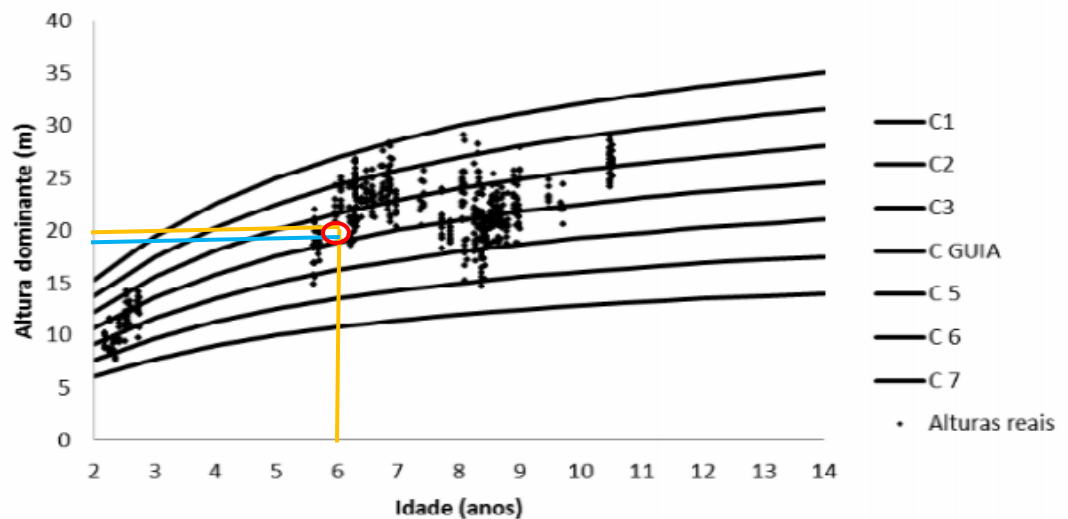
**Fuente:** Elaboración propia Programa InfoStat.

En Brasil se investigó la clasificación de sitios para especies de eucaliptos incluyendo híbridos como el urograndis con edades entre uno y diez años, durante cinco predios o facendas en Minas Gerais y alturas dominantes entre 13,5 y 28,5 metros (Freire, et al., 2015).

Se concluye que el modelo matemático, que mejor se ajusta, es de Prodan para seis clases de sitios que serán consideradas para el siguiente análisis de los resultados del estudio en Santa Cruz.

**Figura 6**

**Curvas de índice de sitio en Minas Gerais para eucalipto y calificación tres sitios de Santa Cruz**



Tomando en cuenta que las alturas de los tres sitios de La paliza (28,8 m), Motacu (20,2 m) y Huaytu (19,5) a una edad alrededor de seis años y por su ubicación se puede apreciar que los sitios de estudio en Santa Cruz se encuentran en una calidad de sitio clase tres (C3). Es decir, si se tiene que la mejor clasificación de sitio es uno y las más baja es seis; entonces se trataría de una condición de calidad de sitio “media” comparando los resultados obtenidos con los de eucaliptos híbridos en Minas Gerais (Brasil).

Estos resultados señalan que hay una influencia, al parecer, de las condiciones de suelo (de fertilidad moderada) que afecta al desarrollo y crecimiento o se trata de manejo con intervenciones muy pasivas sobre las condiciones del sitio (sin fertilización, raleos oportunos, etc). Es decir, no se aplica una silvicultura intensiva a los rodales en estudio que pudiera mejorar las condiciones actuales.

### Área basal

De igual manera, el área basal (que es la suma del área de cada árbol por ha) proporciona pautas de la calidad de un sitio, pero en función a la cantidad de árboles que puede sostener un sitio por hectárea. Es decir, nos indica que a mayor área basal se puede contener más árboles por hectárea en la cosecha final para un diámetro definido.

**Tabla 14**

#### *Área basal total por hectárea a los 6 años de las especies en estudio*

| PPM                                 | Huaytu (72 meses)                  | La Paliza (68 meses)               | Motacu (67 meses)                  |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                     | ÁREA BASAL<br>(m <sup>2</sup> /HA) | ÁREA BASAL<br>(m <sup>2</sup> /HA) | ÁREA BASAL<br>(m <sup>2</sup> /HA) |
| 1                                   | 19,58                              | 21,55                              | 24,67                              |
| 2                                   | 14,01                              | 17,32                              | 21,12                              |
| 3                                   | 13,04                              | 17,64                              | 24,48                              |
| 4                                   | 23,4                               | 16,63                              | 22,44                              |
| 5                                   | 18,84                              | 18,93                              | 20,4                               |
| 6                                   | 23,16                              | 18,69                              | 16,22                              |
| 7                                   | 21,54                              | 19,53                              | 19,08                              |
| 8                                   | 20,4                               | 17,62                              | 24,41                              |
| <b>Pomedio</b>                      | <b>19,2</b>                        | <b>18,5</b>                        | <b>21,6</b>                        |
| <b>Desviacion Estandar</b>          | 3,9                                | 1,6                                | 3,0                                |
| <b>Intervalo de Confianza (0,5)</b> | 2,7                                | 1,1                                | 2,1                                |

**Fuente:** Sistema MIRASILV 2.1.

Los resultados en área basal nos indican que el sitio Motacu presenta un valor promedio más alto (21,6 m<sup>2</sup>/ha) seguido del sitio Huaytu y La Paliza (19,2 y 18,5 m<sup>2</sup>/ha respectivamente). Los valores máximos de área basal, también se mantienen en ese orden.

La Tabla 15 muestra el área basal máxima de un sitio y su cantidad de árboles que podrá mantener para una cosecha final, para tres clases de diámetro. Para esta investigación se considera el de 35 y 40 centímetros, al menos al final de la corta.

**Tabla 15**

**Densidad final (árboles/ha) en plantaciones destinadas a producir madera para aserrío en sitios de calidad variable**

| VARIABLES                    |                               | ÁREA BASAL MÁXIMA<br>(m <sup>2</sup> /ha) |            |     |
|------------------------------|-------------------------------|---|------------|-----|
| DAP del árbol<br>(cm)        | AB/árbol<br>(m <sup>2</sup> ) | <b>20</b>                                 | <b>25</b>  | 30  |
| Densidad final en árboles/ha |                               |   |            |     |
| 35                           | 0,0962                        | <b>208</b>                                | <b>260</b> | 312 |
| <b>40</b>                    | 0,1257                        | <b>160</b>                                | <b>199</b> | 238 |
| 45                           | 0,159                         | 126                                       | 157        | 189 |

**Fuente:** Galloway (1997).

Considerando los valores máximos de área basal para los sitios Motacu y Huaytu de 24,7 y 23,4 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente, que alcanzó la especie *eucalyptus urograndis* de acuerdo al análisis del área basal máxima, tiene un buen potencial de crecimiento y se podrá mantener hasta la cosecha final de corta alrededor de 199 árboles/ha para un diámetro (DAP) de 40 cm al final de la cosecha y podrá sostener 260 árboles/ha para un diámetro de 35 cm.

Para el caso del sitio La paliza con un área basal máxima de 21,6 m<sup>2</sup>/ha, se estimaría mantener 160 árboles/has hasta la corta final con un diámetro de 40 cm y de 208 árboles/ha de 35 cm de diámetro.

Este análisis confirma que los sitios Motacu y La Paliza tendrían mejores condiciones que el de Huaytu, porque pueden sostener mayor número de árboles/ha para la cosecha final. Cuentan con mayor disponibilidad de recursos naturales disponibles para el desarrollo de la especie.

Hay que considerar, entonces, que los raleos en práctica de aquí en adelante deberán dejar tal cantidad referida de árboles/ha para el raleo final. Esto indica que se trata de un sitio de “calidad buena” (Motacu y La Paliza) y “regular” (Huaytu), pero no excelente, de acuerdo a Galloway (1997) considerando la capacidad de área basal máxima, que soporta una especie.

### Volumen

El volumen se calculó por hectárea considerando la altura total del árbol y un factor de forma de 0,6 (conicidad), resulta que la altura total no es un parámetro apropiado para conocer el rendimiento de un área comercial. Sin embargo, lo adecuado es calcular el volumen por la altura comercial, porque hasta esa altura se aprovecha comercialmente el tronco del árbol. Pero las estadísticas internacionales manejan el volumen total para hacer comparaciones de rendimiento.

**Tabla 16**

*Crecimiento de las especies en estudio, por volumen total y anual, a seis años*

| Resumen Estadístico                 | Huaytu (72 meses)               |                                    | La Paliza (68 meses)            |                                    | Motacu (67 meses)               |                                    |
|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
|                                     | VOLUMEN<br>(m <sup>3</sup> /HA) | IMAVOL<br>(m <sup>3</sup> /HA/año) | VOLUMEN<br>(m <sup>3</sup> /HA) | IMAVOL<br>(m <sup>3</sup> /HA/año) | VOLUMEN<br>(m <sup>3</sup> /HA) | IMAVOL<br>(m <sup>3</sup> /HA/año) |
| <b>Pomedio</b>                      | 205,9                           | 34,3                               | 213,3                           | 37,6                               | 245,5                           | 44,0                               |
| <b>Desviacion Estandar</b>          | 46,2                            | 7,7                                | 22,2                            | 3,9                                | 42,4                            | 7,6                                |
| <b>Intervalo de Confianza (0,5)</b> | 32,0                            | 5,3                                | 15,4                            | 2,7                                | 29,4                            | 5,3                                |

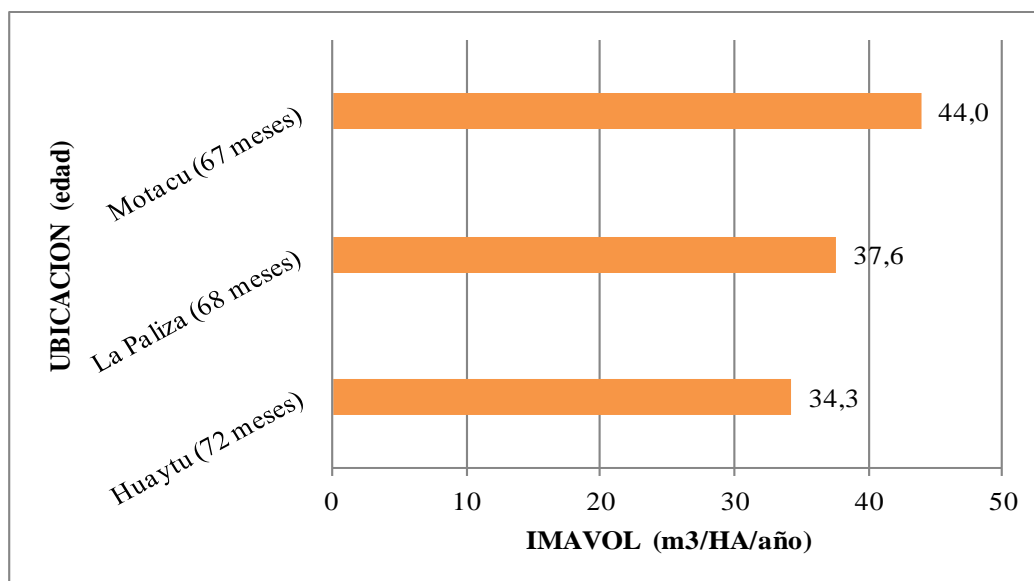
**Fuente:** Sistema MIRASILV 2.1.

El mayor volumen/ha alrededor de los seis años de edad del eucalyptus urograndis se logró en el sitio Motacu (245 m<sup>3</sup>/ha), seguido de La Paliza (213,3 m<sup>3</sup>/ha) y Huaytu (205,9 m<sup>3</sup>/ha).

Respecto a los incrementos anuales volumétricos, en la Figura 7 se observa que el Sitio Motacu presenta el mayor Incremento volumétrico anual (44 m<sup>3</sup>/ha/año), seguido por el sitio La Paliza (37,6 m<sup>3</sup>/ha/año) y Huaytu presenta el menor IMA (34,3 m<sup>3</sup>/ha/año).

**Figura 7**

**Incremento en volumen anual a seis años para eucalyptus grandis en tres sitios**



No existe información sobre rangos de productividad para eucaliptos híbridos; sin embargo, se conoce que pueden llegar, en otros países (Brasil), hasta los 60 m³/ha. En diez años logran un volumen total aproximado de 600 m³/ha (incluye volumen de cosecha final más volumen de raleos intermedios).

En la Tabla 17 se comparan, para el híbrido eucalyptus urograndis, los volúmenes alcanzados por hectárea en los sitios de estudio a partir de las ocho muestras tomadas y aplicando una prueba no paramétrica Wilcoxon (Mann-Whitnet U).

De acuerdo a las probabilidades encontradas por pares (véase el anexo 7), se evidencia que los volúmenes totales/ha promedios en los sitios de estudio Motacu versus Huaytu y Huaytu La Paliza no presentan diferencias significativas estadísticamente. Sin embargo, entre los promedios de los volúmenes/ha del sitio Motacu versus La paliza sí hay diferencias significativas en el rendimiento/ha, al parecer se debe a las diferencias entre las desviaciones estándares más que respecto al propio rendimiento.

**Cuadro 17**

*Comparación del crecimiento en volumen (m<sup>3</sup>/ha), a partir de la probabilidad, realizada por medio de una prueba no paramétrica (Wilcoxon Mann Whitnet U) entre los sitios de estudio*

| <b>Sitio / Variable Hd</b> | <b>MOTACU</b> | <b>HUAYTU</b> | <b>LA PALIZA</b> |
|----------------------------|---------------|---------------|------------------|
| MOTACU                     |               |               |                  |
| HUAYTU                     | 0,1049        |               |                  |
| LA PALIZA                  | 0,0499        | 0,9591        |                  |

**Fuente:** Elaboración propia Programa InfoStat

Sobre la especie eucalipto en Brasil, la híbrida tiene un crecimiento rápido en rotaciones de siete años y alcanza promedios IMA/VOL hasta 60 m<sup>3</sup>/ha/año (Admir & Enrique, 2000). Aunque un estudio en Mina Gerais reporta una plantación de 6,71 y 6,31 años de edad con rendimientos entre 31,68 y 30,28 y m<sup>3</sup>/ha/año, respectivamente. Al parecer, los mejores resultados ocurren en la zona sur de Brasil donde se la recomienda según un zoneamiento climático desarrollado para el *eucalyptus grandis* (Flores, et al., 2016).

Un estudio en borrador) de Saravia (2017) sobre los clones del *eucalyptus urograndis*, introducido en el Carmen Rivero Torres (predio Lajitas en Santa Cruz), muestra rendimientos de plantaciones del año 2012. O sea, de 3,7 años de edad con IMA/VOL entre 22,1 y 27 m<sup>3</sup>/ha/año. Al parecer, esto se debe a que los sitios presentan una condición de suelo de textura más arenosa y altas temperaturas, lo que afecta a su sobrevivencia y volúmenes totales.

Por los resultados y análisis de los IMA en los sitios de estudio, se puede deducir que los valores encontrados están en los niveles productivos aceptables de los eucaliptos híbridos, y se puede comprender que los rendimientos que se están logrando se podrán mejorar si hay más inversiones en estudios previos de sitio y de prácticas de manejo más intensivas para los híbridos introducidos.



### **Necesidad de práctica del raleo**

El raleo o aclareo consiste en la remoción de parte de los árboles, para reducir la densidad de la plantación, con el fin de fomentar el crecimiento de los árboles de mejor calidad. Se lo practica en toda plantación con el objetivo de producir madera.

Lo importante es identificar que se ha iniciado el proceso de competencia potenciado por algunos de los recursos disponibles en el sitio (luz solar, agua, nutrientes, temperatura, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) y la falta de espacio para crecer.

Esto sucede cuando:

- Las ramas empiezan a tomar contacto entre sí y entrecruzarse.
- Se observa mortalidad de ramas inferiores (recesión de copa por falta de luz) y de árboles suprimidos.
- El crecimiento en diámetro empieza a detenerse.

Estas características se han observado en los tres sitios de estudio, donde se conoce a priori que el primer raleo de la especie, por la alta velocidad de crecimiento inicial que posee, se lo debería practicar a una edad entre dos a tres años (Aguirre, 2017). Se suelen realizar al menos tres raleos durante el turno de corta de esta especie.

Para estimar la necesidad e intensidad de raleo en el eucalipto híbrido, se procedió a medir en las PPM la variable de la posición sociológica de la copa de los individuos (Estado I: dominante; J: Codominante y K: Suprimido).

Los resultados (véase Tabla 18) nos muestran que la especie debería ser raleada, porque tiene alrededor de 50% de árboles dominantes. Es decir, sus copas están a pleno sol y por debajo de ellos se tienen alrededor del 50% de la población restante como codominantes y suprimidos.

**Tabla 18**

**Resumen de porcentajes de árboles dominantes, codominantes y suprimidos en el cultivo de *eucalyptus urograndis* en tres sitios**

| PPM             | Motacu (67 meses)             |                 |               | Huaytu (72 meses)             |                 |               | La Paliza (68 meses)          |                 |               |
|-----------------|-------------------------------|-----------------|---------------|-------------------------------|-----------------|---------------|-------------------------------|-----------------|---------------|
|                 | Posicion de la copa/individuo |                 |               | Posicion de la copa/individuo |                 |               | Posicion de la copa/individuo |                 |               |
|                 | Dominante (%)                 | Codominante (%) | Suprimido (%) | Dominante (%)                 | Codominante (%) | Suprimido (%) | Dominante (%)                 | Codominante (%) | Suprimido (%) |
| 1               | 73,53                         | 14,71           | 11,76         | 68                            | 20              | 12            | 65,69                         | 21,88           | 12,5          |
| 2               | 71,43                         | 14,29           | 14,29         | 42,86                         | 38,1            | 19,05         | 50                            | 21,43           | 28,57         |
| 3               | 59,38                         | 12,5            | 28,13         | 75                            | 10              | 15            | 63,33                         | 13,33           | 23,33         |
| 4               | 45,16                         | 32,26           | 22,58         | 44,83                         | 27,59           | 27,59         | 64,29                         | 17,86           | 17,86         |
| 5               | 59,26                         | 18,52           | 14,81         | 45,83                         | 20,83           | 33,33         | 66,67                         | 29,17           | 4,17          |
| 6               | 32,14                         | 35,71           | 32,14         | 57,69                         | 11,54           | 30,77         | 53,57                         | 10,71           | 35,71         |
| 7               | 44,83                         | 24,14           | 31,03         | 57,69                         | 19,23           | 23,08         | 65,22                         | 13,04           | 21,74         |
| 8               | 50                            | 31,25           | 18,75         | 57,69                         | 11,54           | 30,77         | 64,29                         | 17,86           | 17,86         |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>54,5</b>                   | <b>22,9</b>     | <b>21,7</b>   | <b>56,2</b>                   | <b>19,9</b>     | <b>23,9</b>   | <b>61,6</b>                   | <b>18,2</b>     | <b>20,2</b>   |

**Fuente:** Reporte MIRASILV a partir de PPM en tres sitios

Entonces, es evidente según el cuadro anterior que solo alrededor del 50% de los árboles en la plantación tienen las condiciones adecuadas para un normal crecimiento y el resto (50%) se encuentra en competencia por luz e indirectamente por nutrientes y agua, para el desarrollo de sus raíces.



Foto 1. Sitio Motacu. Foto 2. Sitio La Paliza. Foto 3. Sitio Huaytu.

También en la verificación in situ (fotos 1, 2 y 3) se observa la presencia de abundantes árboles con recesión de copa (ramas secas / muertas secundarias) y el entrecruzamiento de las ramas entre los árboles, estos son otros indicadores de la necesidad del raleo.

La altura total promedio está por encima de 16,9 metros. Este otro indicador avisa de la urgencia del primer raleo. Según Chavarría y Valerio (1993) un rodal al haber alcanzado una altura promedio, alrededor de nueve metros, es un criterio para iniciar con el primer raleo.

### **Condiciones generales de manejo de la plantación**

De acuerdo a las observaciones in situ y las consultas a los responsables de campo en cada sitio, se pudo constatar el manejo que se practica en la plantación. Para comprender mejor el estado actual de manejo de eucaliptus híbrido.

### **Aspectos positivos**

- Buen control de podas de ramas inicialmente
- Manejo de densidad adecuada para los objetivos de la plantación

### **Aspectos negativos**

Presencia de pasto y sujo que compite por nutrientes y agua en Huaytu y Motacu (insuficiente control de malezas)



Colonias de sepes que influyen en la sobrevivencia y desarrollo (La Paliza).



No se practica la fertilización, siendo que la especie responde a fertilización.

No se practicó el primer raleo a la edad de dos a tres años lo que afectó a su normal desarrollo y mortalidad.

Falta de poda en sitio Motacu y mantenimiento.



### **Presencia de fauna silvestre**

-En el sitio Huaytu se observaron cuevas de tatú con mayor frecuencia y huella de Capibara.

-En La Paliza, según comentario del encargado del predio, en el área de la plantación se ha visto Huaso, Melero y Tatú.



-En el sitio Motacu no se observa fauna silvestre, excepto aves no identificadas, probablemente por estar en área urbana y colindante con una comunidad.

### **Posibles productos del raleo de los rodales plantados**

De acuerdo a la demanda local para la construcción, es posible lograr en el mercado local requerimiento para los siguientes productos:

-Postes para luz (La CRE demanda longitudes de 8,5; 11; 12,5 y 13,5 metros de longitud y diámetro base mínimo de 19.1; 21.3; 22,4 y 23 centímetros).

-En barracas, puntales para construcción con longitudes al menos de tres metros.

Si observamos los diámetros promedios alcanzados en los tres sitios de estudio (acápite 5.4) se aprecia que oscilan entre 16,7 y 18,1 centímetros; lo cual implica que aún no reúnen las condiciones mínimas de diámetro para comercializar postes para iluminación. En cambio, son aptos los productos del raleo como puntales para la construcción. En este sentido, se ha estimado la cantidad de puntales de 3,5 metros de longitud aprovechables (véase Tabla 19) considerando un raleo del 50% de la población (viva + muerta).

Así se favorece a los individuos dominantes para su mejor desarrollo con el objetivo de producir madera, mediante la reducción de densidad de la plantación.

**Tabla 19**

***Estimación productos puntales del primer raleo a intensidad 50% en los tres sitios de estudio del eucalyptus urograndis a una edad alrededor de los seis años***

| Ubicación            | Sobrevivencia (%) | Puntales (N°/ha) | Sup (ha) | Sub Total (N°) |
|----------------------|-------------------|------------------|----------|----------------|
| Motacu (Warnes)      | 83,8              | 851              | 4        | 3403           |
| La Paliza (Porongo)  | 76,9              | 589              | 15       | 8828           |
| Huaytu (Buena Vista) | 68,4              | 497              | 9        | 4470           |
| <b>Promedio</b>      |                   | <b>645</b>       |          | <b>16701</b>   |

**Fuente:** Elaboración propia.

Se considera que la mayor producción por hectárea de puntales ocurre en la plantación ubicada en el Sitio Motacu (Warnes), debido a la mayor sobrevivencia alcanzada por la plantación. También que se demuestra que una plantación, bien manejada, puede generar ingresos intermedios para ir cubriendo los gastos de producción, a mayor sobrevivencia mayores ingresos intermedios.

### **Plagas**

Se ha observado la presencia de colonias de sepes en especial en la plantación del sitio La Paliza (Foto 1), que se encuentra ubicada en una región con suelos más arenosos. Los sepes son una causa de mortandad también, porque provoca una defoliación continua de la planta que la puede matar.



Según Wilcken, et al. (2008) en Brasil las plantaciones de eucalyptus tienen como principales problemas a las plagas nativas de hormigas cortadoras de hoja (*Atta* spp). En Uruguay existen grandes plantaciones de eucaliptus y, de igual manera, las hormigas cortadoras son consideradas una amenaza. Para la FAO, el control de los sepes requiere una operación costosa, se estima el 5% del costo total de los primeros tres años de plantación (Clark, 1973. En FAO, 1981), pero sin estas operaciones las plantaciones de eucaliptos de Brasil no serían productivas.

## VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Producto de la evaluación a la edad de seis años, desde el crecimiento y rendimiento, del eucalyptus urograndis (híbrido), mediante la instalación de parcelas permanentes (PPM) en el cultivo es posible llegar a las siguientes conclusiones en los sitios de estudio Motacu (Warnes), La paliza (Porongo) y Huaytu (Buena Vista):

–De acuerdo con los resultados de evaluación del desarrollo de la especie en tres condiciones edafoclimáticas, la sobrevivencia del eucalipto híbrido urograndis (Mirtaceae) se considera aceptable; porque oscila entre el 68,4 y 83,8 % que el incremento medio anual en diámetro y es superior respecto a un eucalyptus grandis simple o no híbrido.

En una comparación con otros estudios de eucalyptus híbridos urograndis, el crecimiento de la especie estudiada es marginal (IMA DAP 2,9 cm/año). Respecto al crecimiento en altura, se logró hasta un incremento medio anual de 3,3 m/año, estando próximo a los urograndis de Brasil (4 m/año) del mismo híbrido. La altura dominante se usó y comparó con estudios de calidad de sitio mediante curvas de índice de sitio (seis índices) para Brasil; aplicados a eucaliptos híbridos incluyendo el eucalyptus urograndis.

Los sitios de Santa Cruz, objeto del estudio, califican por la edad y alturas dominantes como de clase “media” (clase 3). Respecto al área basal, un análisis en función al área basal máxima de las PPM instaladas en los tres sitios de estudio, se pudo estimar para un diámetro (DAP) de 35 y 40 centímetros, a la cosecha final, que la población final de árboles/ha se encontraría entre 208 y 260 árboles/ha para un DAP de 35 centímetros y de 160 a 199 árboles/ha para un DAP de 40 centímetros. Referente al volumen, este oscila entre 205,9 a 245 m<sup>3</sup>/ha, siendo menores a los encontrados en Brasil, en los mejores sitios y condiciones, y bajo manejos intensivos.

Finalmente, para la producción de postes se estimó que podría cosecharse alrededor de 645 puntales/ha de 3,5 metros de longitud para su comercio.

- En cuanto a las condiciones de sitio (clima, suelo y topografía) donde se desarrollan las plantaciones, los resultados de la homologación edafoclimática que se practicó, determinan que en los tres sitios de estudio existen las condiciones edafoclimáticas apropiadas para la especie. Ello demuestra la plasticidad de la especie *eucalyptus urograndis* y su gran adaptabilidad, incluso en condiciones marginales. Sin embargo, en el aspecto del suelo y su fertilidad estas pueden mejorarse realizando las enmiendas adecuadas.
- Los factores que se identificaron como limitantes para el desarrollo de las especies son algunas deficiencias en nutrientes del suelo. En particular nitrógeno y potasio en los tres sitios y boro en Motacu y La Paliza. Otro factor limitante es la falta de práctica de operaciones de manejo (la fertilización no se practica, el raleo no se aplicó aun y existe un 50% de árboles en competencia).

De acuerdo a las conclusiones enunciadas, se sugieren algunas recomendaciones técnicas que contribuirán al conocimiento ecológico de la especie en estudio, su desarrollo y manejo de plantaciones forestales.

## **6.2 Recomendaciones**

-Es posible lograr una mayor sobrevivencia y desarrollo del *eucalyptus urograndis* si se practica una silvicultura más intensiva como, por ejemplo:

- ✓ El uso del hidrogel al momento de realizar la plantación.
- ✓ Enmiendas (fertilización) al suelo para corregir las deficiencias de nutrientes que se identifiquen, en particular de nitrógeno (N), potasio (K) y boro (B) en condiciones similares al área de estudio.
- ✓ Practicar un raleo oportuno cuando la altura de los árboles alcance aproximadamente nueve metros o se observen árboles codominantes y suprimidos en porcentajes superior al 30%.

- ✓ Realizar oportunamente el mantenimiento (control de malezas) y protección de la plantación (control de plagas como sepes u otros).
- Se requiere seguir monitoreando el crecimiento a través de las PPM instaladas para el desarrollo de esta nueva especie híbrida, introducida en el departamento de Santa Cruz con la finalidad de generar mayor información sobre su adaptabilidad crecimiento y predicción de su rendimiento.
- El análisis físico mecánico y de trabajo sobre las propiedades de la madera tendría que iniciar en diferentes edades de los rodales plantados, para determinar los usos regionales de la especie híbrida.



