

TESIS DOCTORAL

Biomasa forestal para la generación de energía eléctrica en la provincia de Formosa, Argentina

Forest biomass for the generation of electrical energy in the Province of Formosa, Argentina

Gustavo Arnaldo Díaz¹

Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Forestales

Director: Dr. Iván Crespo Silva² Codirectora: Dr. Miguel Ángel Sarmiento³

¹ Tesista. Ingeniero Forestal. Tesis presentada como requisito para obtener el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Año 2024. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina.

¹ Doctor en Ciencias Forestales. Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil.

¹ Doctor en Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

RESUMEN

En la actualidad resulta inminente la necesidad de las sociedades en avanzar hacia el uso sostenible de los recursos, y en términos energéticos la tendencia hacia la obtención de energía a partir de fuentes renovables como la biomasa forestal. En este contexto, la provincia de Formosa cuenta con potencial de manejo y aprovechamiento de bosque nativo como también de producción de bosques con fines energéticos. Esta situación motivó la elaboración del presente trabajo, que tuvo la finalidad de determinar el volumen y calidad energética de la biomasa forestal de bosques nativos y de clones de *Eucalyptus sp.*, considerando también el factor económico de su transporte como fuente para la producción de energía eléctrica en la ciudad de Las Lomitas, Provincia de Formosa. Los estudios se realizaron tomando como referencia el área potencial de aprovechamiento de biomasa de la empresa Biotérmica Las Lomitas SA, En esta área se evaluó la disponibilidad y calidad de biomasa forestal de bosque nativo y de dos clones de *Eucalyptus sp.* A detalle se analizó la calidad bioenergética de cuatro especies nativas, *Neltuma alba*, *Aspidosperma quebracho blanco*, *Schinopsis lorentzii* y *Neltuma ruscifolia*, como así también a dos híbridos de *Eucalyptus*, los clones DDX00044 y DDX00078. Se consideró también la viabilidad económica del transporte de biomasa forestal y su respectivo análisis de sensibilidad vinculado al valor del salario del conductor, valor del combustible y la variación del kilometraje facturado. La clasificación supervisada con GEE expresó una superficie de 557.804,6 ha susceptibles a CUS y aprovechamiento, acorde con las normativas ambientales vigentes, de las cuales 459.499 ha corresponden a masa boscosa. Considerando el IVC de los materiales analizados, *Aspidosperma quebracho blanco*, *Schinopsis lorentzii*, y el clon DDX00078 expresaron las mejores características energéticas respectivamente. Por otro lado, en cuanto a la composición de los costos totales del transporte de biomasa forestal a la planta Biotérmica, la mayor parte de los costos estuvo representado por el combustible (42 %) y el salario del chofer (22,9 %). En este contexto, se alcanzó el punto de equilibrio financiero (PE) a la distancia de 1.259km, con RI de 4,2 años, VAN de \$32.274 y TIR de 20%. Considerando el análisis de sensibilidad (AS) realizado, la rentabilidad de la empresa de transporte de biomasa está asegurada para el "Escenario 1", generando un flujo de caja positivo y una recuperación de capital en un tiempo razonable. El "Escenario 2" es mucho más beneficioso, sin embargo, no ocurre lo mismo con el "Escenario 3", ya que sus costos han aumentado mientras que sus ingresos han disminuido.

Palabras clave: biomasa forestal residual, energía renovable, IVC, Formosa.

ABSTRACT

The current need for societies to move towards sustainable resource utilization is imminent, particularly, as to energy where the trend is to shift towards obtaining energy from renewable sources such as forest biomass. In this context, the Province of Formosa has potential for managing and harvesting native forests as well as producing forests for energy purposes. This situation motivated the present study aiming to determine the volume and energy quality from native forest biomass and *Eucalyptus sp.* clones as sources for electricity production in the city of Las Lomitas, Province of Formosa considering the economic factor of transportation as well. The studies were conducted in reference to the potential area of biomass utilization belonging to Biotermica Las Lomitas S.A. where both the availability and quality of the native forest biomass and the two *Eucalyptus sp.* clones were evaluated. The bioenergy quality of four native species, namely, *Neltuma alba*, *Aspidosperma quebracho blanco*, *Schinopsis lorentzii*, and *Neltuma ruscifolia*, as well as two *Eucalyptus*

hybrids, the DDX00044 and DDX00078 clones, were analyzed in detail. The economic feasibility of the forest biomass transportation and its sensitivity analysis related to driver's salary, fuel cost, and variation in billed mileage were also considered. The supervised classification with GEE indicated a surface area of 557,804.6 ha suitable for CUS and forest exploitation, in accordance with current environmental regulations, of which 459,499 ha corresponded to forest mass. S to the FVI of the materials analyzed, *Aspidosperma quebracho blanco*, *Schinopsis lorentzii*, and the DDX00078 clone, both exhibited the best energy characteristics, respectively. On the other hand, regarding the breakdown of the total cost of transporting forest biomass to the Biothermal plant, most of the costs were represented by fuel (42%) and the driver's salary (22.9%). In this context, the financial equilibrium point (PE) was reached with the distance of 1,259km, with ROI of 4.2 years, NPV of \$32,274 and IRR of 20%. Regarding the sensitivity analysis (SA) carried out, the profitability of the biomass transport company is assured for "Scenario 1", generating a positive cash flow and a capital recovery in a reasonable time. "Scenario 2" is much more beneficial, however, the same is not true for "Scenario 3" since costs have increased while revenues have decreased.

Keywords: residual forest biomass, renewable energy, FVI, Formosa.