



MEMORIAS

I Congreso Internacional
Bosques y Agroforestería
ESPOCH 2017
Octubre 18-19-20



Ministerio
del **Ambiente**



FACULTAD DE
RECURSOS NATURALES
ESPOCH



Carrera de
Forestal



CIMOGSYS

PISOMAD
PISMADE S.A.
TECNOLOGÍA EN PISOS Y REVESTIMIENTOS DE MADERA



NOVOPAN



MEMORIAS



I Congreso Internacional Bosques y Agroforestería

**ESPOCH 2017
Octubre 18-19-20**

EDITORES

Juan Hugo Rodríguez Guerra
Norma Ximena Lara Vasconez
Eduardo Patricio Salazar Castañeda
Oscar Bladimiro Guadalupe Arias
Henri William Herrera Moreno
Carlos Francisco Carpio Coba

COMITÉ CIENTÍFICO

Ing. Fernando Rivas PhD, Decano Facultad Recursos Naturales
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador)

Ing. Oscar Guadalupe Mgs, Docente Carrera Forestal
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador)

Ing. Norma Lara Mgs, Docente Carrera Forestal
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador)

Ing. Eduardo Salazar Mgs, Docente Carrera Forestal
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador)

Ing. Olman Murillo PhD, Docente
Tecnológico de Costa Ric (Costa Rica),

Ing. Carlos Carpio Mgs, Docente Carrera Forestal
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador)

COMITÉ ORGANIZADOR

Ing. Byron Vaca PhD, Rector.
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ing. Marcelo Pino, Director del MAE – Chimborazo.
Ministerio del Ambiente del Ecuador

Ing. Fernando Rivas PhD, Decano Facultad Recursos Naturales.
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ing. Carlos Ricaurte Mgs, Vicedecano Facultad Recursos Naturales.
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ing. Galo Montenegro PhD, ex-Vicedecano Facultad Recursos Naturales.
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ing. Hugo Rodríguez Mgs, Director Carrera Forestal.
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ing. Raúl Ramos V. Mgs, Docente Carrera Forestal
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ing. Eduardo Salazar Mgs, Docente Carrera Forestal.
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ing. Carlos Carpio Mgs, Docente Carrera Forestal
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

AGRADECIMIENTO

La gratitud es un don que todo ser humano debe tener y expresarlo. Cuando la Comisión de Carrera tomó la decisión de realizar el Primer Congreso Internacional de Bosques y Agroforestería para el siglo XXI, nuestras autoridades nos brindaron su total e irrestricto apoyo para el evento, queremos dejar constancia de nuestra gratitud a:

Dr. Byron Vaca B. PhD. Rector de la ESPOCH

Dra. Gloria Miño C. PhD Vicerrectora Académica de la ESPOCH

Dra. Rosa Saeteros H. PhD. Vicerrectora Administrativa de la ESPOCH

Dr. Luis Fiallos PhD. Vicerrector de Investigación de la ESPOCH

Dr. Fernando Rivas F. PhD. DECANO DE LA FRN DE LA ESPOCH

Dr. Galo Montenegro C. PhD. EXVICEDECANO DE LA FRN

Ing. Carlos Ricaurte Y. VICEDECANO DE LA FRN

Dr. Hugo Moreno PhD. DIRECTOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA ESPOCH.

Y a los estudiantes cuyo trabajo contribuyó al éxito de este magno evento: Andre Andriance, Camila Uvidia, Joselyn Freire, Camila Sanchez, Fernanda Galarza, Deymar Espinoza, Sebastian Alvarez, Elizabeth Murillo, Lizbeth Cauja, Johanna Guaman, Antonella Quevedo y Karina Yari.

PREFACIO

Todo sacrificio tiene su recompensa.

La presente publicación es el resultado de un largo procesos de trabajo y dedicación de un grupo de profesionales Ingenieros Miembros de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

La idea de plasmar el Primer Congreso Internacional de Bosques y Agroforestería para el siglo XXI, nace como una gran necesidad de proyectar a nuestra escuela hacia nuevos horizontes, el mismo que sirvió para revisar la gran mayoría de investigaciones y poder determinar los verdaderos problemas de índoles forestal y todos los que se derivan de la relación entre el ambiente y el hombre.

Ponemos a disposición el presente libro en el que se recopilan todas las conferencias tratadas en dicho evento. Esperamos recoger en el mismo la mayoría de investigaciones que se están desarrollando en países como Costa Rica, Argentina, China, Estados Unidos, Canadá, Honduras, Alemania, y por su puesto Ecuador, especialmente con docentes que demostraron la gran capacidad de investigar y poder publicar los trabajos efectuados en nuestra Escuela.

Débenos indicar además que en cuanto a ponencia su gran mayoría fueron dictadas por profesionales jóvenes que se graduaron recientemente en nuestra escuela con el apoyo de sus directores y tutores. Aspiramos que la presente publicación sea un apoyo a nuestros estimados lectores y además sea una guía para nuestros estudiantes quienes siempre serán la razón de nuestro cotidiano trabajo, pero que sobre todo sea una motivación para que de nuestros docentes y estudiantes surjan nuevos proyectos de investigación en temas silvícolas y agroforestales de tal manera que nuestro aporte sume a los esfuerzos de la institución de ser líderes en investigación y docencia y que el impacto transformador de la investigación sea sentido en el país y la región.

Riobamba “Ciudad de las primicias”, una vez más a hecho honor a su nombre atendiendo el Primer Congreso Internacional de Bosques y Agroforestería para el siglo XXI, y todos quienes hemos formado parte de este sueño, estamos invitados a continuar con este hermoso legado de ciencia y compañerismo.

Cordialmente

Ing. Juan Hugo Rodríguez Guerra

Ing. Norma Lara Vásconez

COORDINADOR GENERAL PRIMER
CONGRESO INTERNACIONAL DE BOSQUES Y
AGROFORESTERÍA PARA EL SIGLO XXI.

DIRECTORA DE LA CARRERA INGENIERÍA
FORESTAL

Contenido

CAPÍTULO I. RESÚMENES	8
LA EDUCACIÓN FORESTAL EN EL ECUADOR. ANÁLISIS DE UNA NUEVA ALTERNATIVA PRODUCTIVA	9
INVENTARIOS NACIONALES FORESTALES: DESARROLLOS ACTUALES EN TÉRMINOS DE ENFOQUES Y USOS DE LOS RESULTADOS.	13
CRUZAMIENTOS ASISTIDOS COMO ESTRATEGIA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES FORESTALES Y AVANCES EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL.	16
IMPORTANCIA DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO EN PLANTACIONES FORESTALES Y SU ESTRATEGIA DE ORGANIZACIÓN PARA ALCANZAR EL ÉXITO.	18
CAPÍTULO II. NOTAS RÁPIDAS	21
NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DE CONÍFERAS: UNA REVISIÓN.	22
VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECO SISTÉMICOS DE LOS BOSQUES.	36
WOOD PROPERTY MAPPING AT THE INDIVIDUAL TREE AND LANDSCAPE LEVEL TO SUPPORT INDUSTRIALIZATION OF THE FOREST RESOURCE.	50
MANEJO SOSTENIBLE DE BOSQUES NATIVOS: EL CASO DE LAS CONCESIONES EN GUATEMALA	57
CAPÍTULO III. ARTÍCULOS	66
DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE LOS BOSQUES SECOS PRE MONTANOS.	68
FACTOR DE FORMA Y PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE JUGLANS NEOTROPICA DIEELS, ESTABLECIDA EN LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.	78
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TRES ESPECIES FORESTALES EN EL BOSQUE DE CEJA ANDINA, EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.	88
COMPARATIVO DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BOSQUE ANÁLOGO Y DOS TIPOS DE USO DE LA TIERRA, EN EL CANTÓN CUMANDÁ, CHIMBORAZO.	94
PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE DENDROCALAMUS ASPER, GUADUA ANGUSTIFOLIA Y BAMBUSA VULGARIS (BAMBÚ), EN EL VIVERO BAMBUNET DEL CANTÓN ARCHIDONA, PROVINCIA DE NAPO.	107
EVALUACIÓN DE DOS EXTRACTOS TÁNICOS A PARTIR DE CAESALPINIA SPINOSA PARA EL PROCESO DE CURTICIÓN DE PIELES CAPRINAS.	115
DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA DE PINO (PINUS RADIATA) EN LA HACIENDA SAN JOSÉ, PARROQUIA EL CHAUPI, CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA.	126
DIAGNÓSTICO Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO SHOBOL TOTORAS, PARROQUIA SAN JUAN, CANTÓN RIOBAMBA, CHIMBORAZO	136
ELABORACIÓN DE UN INVENTARIO FLORÍSTICO DEL PARQUE BOTÁNICO REGIONAL SUCÚA, UBICADO EN EL CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.	145
TECNOLOGÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA MADERA DE EUCALYPTUS SALIGNA SMITH.	154
ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO, EN LA PARROQUIA LA MATRIZ SECTOR "PAMPAS DE SALASACA" DEL CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	162

CAPÍTULO I



RESÚMENES

LA EDUCACIÓN FORESTAL EN EL ECUADOR. ANÁLISIS DE UNA NUEVA ALTERNATIVA PRODUCTIVA

(Forest education in Ecuador. Analysis of a new productive alternative)

J. H. Rodríguez Guerra, C. Carpio Coba, E. Salazar Castañeda

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Forestal Riobamba, Ecuador

*Correspondencia: E-mail: juan.rodriguez@epoch.edu.ec (J. H. Rodríguez Guerra)

En el Ecuador un país mega diverso y con una gran cantidad de contrastes ambientales encontramos una inmensa diversidad de microclimas que permiten que miles de especies de toda índole se desarrollen, entre ellas especies forestales que en muchos casos no han sido estudiadas ni explotadas forma sustentable y sostenible, corriendo incluso peligro de extinción.

Grandes cantidades de bosques han ido desapareciendo y según datos del Ministerio del Ambiente el desierto alcanza en los últimos años niveles alarmantes de pérdida, se habla de que anualmente se pierden 200.000 hectáreas por año.

Los datos numéricos obtenidos, en relación a las superficies de bosque y cobertura del país, en su mayoría se han obtenido de los proyectos Mapa Histórico de Deforestación que fue creado en el año 2008 y desarrolló e implementó una metodología que establece los procedimientos necesarios para generar mapas de cobertura y uso de la tierra (CUT) para los años de referencia 1990, 2000 y 2008 y permitió obtener las tasas de deforestación para cada período. También el proyecto Mapa de Vegetación del Ecuador Continental que fue creado en el año 2010 con el objetivo de generar información espacial actualizada de los ecosistemas del Parte A – CFRQ, Ecuador país, misma que contribuye de manera significativa a la formulación de políticas, estrategias y proyectos ambientales coherentes con una adecuada planificación y ordenamiento territorial.

Ambos fueron ejecutados por la Subsecretaría de Patrimonio Natural a través de la Dirección

Nacional Forestal del Ministerio de Ambiente.

La extensión de bosque más actualizada y oficial calculada para Ecuador Continental corresponde al año 2008 y es de 13.099.028 ha y actualmente se está generando la información para el periodo 2013 - 2014, insumo que estará disponible en 2015.

A pesar de que el bosque ha disminuido en comparación a los años 1990 y 2000, la tasa de deforestación también ha disminuido. La tasa de deforestación para el período 1990 – 2000 fue de 92.787 ha/año (97% de la cobertura total del Ecuador continental), mientras que para el periodo 2000 – 2008 se redujo a 77.742 ha/año (100% de la cobertura total del Ecuador continental).

Para el año 2012 se calculó la tasa de deforestación en 65.880 ha/año mediante un muestreo estratificado con el soporte técnico de FAO. Se pretende que a futuro esta tasa disminuya aún más y se logre recuperar el bosque a través de un sistema de monitoreo para la creación de estrategias y políticas adecuadas y a través de la creación de incentivos para la conservación que ya existen a partir del año 2008 mediante el programa Socio Bosque.

Los datos originales se han elaborado para el Ecuador Continental y se han ajustado en el cuestionario a la extensión total del país, que toma en cuenta al archipiélago de Galápagos.

La información relacionada con los bosques, reportada en el informe se ha ajustado de la manera más precisa posible en relación a los datos nacionales con la finalidad de reflejar la situación forestal en el país.

Hemos creído necesario poner esta cifra para poder insertarnos en el contexto nacional de educación superior que actualmente existe en nuestro país.

La Carrera de Ingeniería forestal en Chimborazo ha sido declarada por parte del Gobierno Nacional como pertinente en el ámbito forestal, lo que compromete aún más nuestros esfuerzos por mejorar la calidad de profesionales que egresan de nuestra carrera.

Se ha incrementado el número de estudiantes, en la actualidad se encuentran matriculados 351, para el presente año lectivo.

Por otro lado se ha conformado la Red Nacional de Escuelas Forestales del Ecuador en donde se encuentran universidades como: La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, La universidad Estatal de Quevedo, la Universidad Nacional de Loja y la Universidad Estatal de Quevedo, entidades que han apostado a una transformación radical de la enseñanza forestal.

Bajo esta óptica en los últimos años la actividad forestal ha sido revalorizada en nuestro país, tanto por la empresa privada como por los entes estatales.

El gobierno Nacional ha implementado programas como el Socio Bosque, el Plan Nacional de Restauración y Control Forestal que tienen como finalidad exponer iniciativas en nuestro país propuestas que fueron expuestas en un encuentro realizado en Cochabamba (Bolivia) en el que participaron Ecuador, Brasil, Colombia, Guyana, Suriname, Perú, Venezuela.

Estos programas son llevados adelante por el Gobierno Nacional a través del Ministerio del Ambiente (MAE).

En la empresa privada se han hecho grandes esfuerzos por mejorar en algunos aspectos importantes que tiene mucho que ver con la nutrición vegetal, realizando trabajos de

control de malezas, haciendo mejoramiento genético podían mejorar producción y de esta manera mejorar beneficios económicos, para las comunidades o personas naturales que poseen pequeñas o grandes cantidades de bosques y que no tienen incentivos económicos que les permitan mejorar sus condiciones de vida.

Tenemos que recordar además que la industria maderera es considerada una actividad de largo aliento.

En cuanto a los entes estatales las problemáticas ambientales actuales han hecho que estos tengan que recurrir a las ciencias forestales. Manejo de cuencas hidrográficas, protección de páramos y captura de CO2 son actividades en las que participan actualmente los ingenieros forestales aportando a la conservación del ambiente aquí en nuestro país.

Debemos dejar de pensar en que los ingenieros forestales únicamente sirven para sembrar y cortar plantas, es hora de que nuestros estudiantes empiecen a pensar diferente y tener un pensamiento diferente sobre la profesión forestal.

En cuanto a la empresa privada y a los entes estatales la academia ecuatoriana debe estar en capacidad de ir formando profesionales que participen activamente en procesos que ayuden a ir generando soluciones y docentes dando las respuestas requeridas a los diferentes sectores mediante el desarrollo de investigaciones.

Y es aquí en donde existe una gran falencia, de las ciencias forestales en sí mismas, si comparamos con las ciencias agronómicas vemos que se comenzó a investigar mucho más tarde, así como también vemos que hay un menor número de publicaciones realizadas por año. Entre las principales dificultades observadas encontramos: el tiempo que tiene que transcurrir para poder observar resultados, el costo que tiene montar ensayos en campo y presupuesto disponible para esta actividad.

Contra un escenario de preocupación sobre la deforestación cada vez mayor, la degradación del medio ambiente y la exclusión social, la escuela de ingeniería forestal viene trabajando para mejorar el manejo forestal en el Ecuador a través de investigaciones con un manejo forestal sustentable, inventarios forestales y evaluación forestal, procesos de certificación forestal, clasificación taxonómica y dendrológica y silvicultura como herramienta para generar conocimiento científico que permita el adecuado uso y manejo de los bosques.

La generación de capacidades está orientada a los estudiantes de nuestra querida escuela para la aplicación en las organizaciones públicas y privadas. El enfoque de este proceso será el establecimiento de una cultura forestal que permita cambiar el enfoque del bosque como una fuente de provisión de madera y productos forestales no maderables para complementar los ingresos económicos y el cuidado de nuestros páramos y recursos hídricos.

La Cultura Forestal deberá estar orientada hacia la sostenibilidad de las actividades de pequeña escala realizadas por pequeños productores, garantizando la generación de recursos económicos y bienestar a las familias asentadas en áreas de cobertura forestal.

Este proceso requiere de esfuerzos claros en la generación de información, la difusión masiva de la información oficial y la capacitación permanente de los diferentes actores involucrados en la cadena productiva forestal.

De esta manera se espera contribuir al establecimiento del manejo forestal sustentable, garantizando la legalidad en el aprovechamiento y movilización de madera. En el ámbito del cambio climático, la implementación de actividades para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero debidas a deforestación y degradación.

Es menester indicar que en años anteriores estos programas fueron manejados por profesionales que no eran ingenieros forestales precisamente. Dentro de estos esfuerzos relacionados a mejorar la imagen de nuestra profesión en la Carrera de Ingeniería Forestal se han hechos muchos esfuerzos por lograr convenios con instituciones públicas y privadas con esto garantizamos la realización de prácticas pre profesionales, de nuestros estudiantes cabe resaltar convenios con empresas privadas nacionales como Nopovan, Aglomerados Cotopaxi, Empresas Privadas locales como Pisomad, Aserradero Buenaño, Aserradero El Bosque entre otros, así como también Convenio con la Curia Diocesana, Gad Cantonales y parroquiales.

Por otro lado, la política forestal del Estado debe ser coherente y tener concordancia con las demás políticas, buscando sinergias y comunicación entre organismos del Estado, que asegure que todos los actores de la sociedad se empoderen de las múltiples funciones del bosque, y su papel en el bienestar de la población, satisfaciendo necesidades básicas de alimento, energía, producción, recreación, valor espiritual, cultural y salud, generando cultura forestal en el Ecuador.

El Programa Socio Bosque, el Plan Nacional de Restauración y Control Forestal son algunas de las iniciativas que el país ha propuesto y expuso durante un encuentro en Cochabamba (Bolivia) en el que participaron Ecuador, Brasil, Colombia, Guyana, Suriname, Perú, Venezuela. Estos programas son llevados adelante por el Gobierno a través del Ministerio del Ambiente (MAE). Buscando nuevas alternativas para poder involucrar a nuevos profesionales forestales.

En este sentido, la Escuela, se orienta a reconocer que existen varias leyes que incluyen la participación de la ciudadanía en la toma adecuada de decisiones.

Ya que el Estado garantizará la participación activa y permanente de las nacionalidades indígenas, los pueblos afro-descendientes y montubios,

las comunidades locales, los actores forestales y de la población en general, en la planificación, ejecución y control de toda actividad forestal, proveyendo al efecto información suficiente y oportuna y procedimientos adecuados de participación, conforme a la Ley Orgánica de Participación.

Con los convenios que se han firmado y que se viene trabajando la Escuela de Ingeniería Forestal, quiere seguir fomentando el tridente más sólido en el sector forestal que es la empresa privada, la entidad gubernamental y la academia, con este tridente sólido podemos citar la misión de FSC, en el cual nos debemos identificar y promover:

La gestión forestal ambientalmente apropiada
Garantiza que la forma en que se realice el aprovechamiento de la madera y productos no maderables contribuya a mantener la biodiversidad, la productividad y los procesos ecológicos del bosque.

- La gestión forestal socialmente beneficiosa
Contribuye a que tanto las poblaciones locales como la sociedad en su conjunto, disfruten de los beneficios a largo plazo, a la vez que proporciona grandes incentivos para que las comunidades gestionen los recursos locales y se involucren en los planes de gestión a largo plazo.

- La gestión forestal económicamente viable
Implica que los planes de gestión forestal sean lo suficientemente rentables, sin que generen ganancias económicas a expensas del recurso forestal, del ecosistema o de la población u otras partes afectadas.

La confrontación entre la necesidad de generar una rentabilidad financiera adecuada y los principios de gestión forestal responsables puede reducirse mediante la realización de esfuerzos por comercializar toda la gama de productos y servicios forestales a un precio mejor que tenga en cuenta su valor.

La imperiosa necesidad de empezar una Gran

Campaña de CONCIENCIA FORESTAL, es un tema que lo ponemos en la palestra Nacional, esta campaña deberá ir de la mano con la Universidad Ecuatoriana con la empresa privada y con las instituciones gubernamentales y organizaciones no gubernamentales a fin de poder en forma mancomunada proponer nuevas alternativas de producción sustentables y sostenibles, provocar en nuestros estudiantes la conciencia de buscar aportar al cambio de la matriz productiva.

La ciencias forestales al servicio de nuestra sociedad y de nuestro país, tenemos las condiciones necesarias y suficientes para generar miles de puestos de trabajos, estudiantes con un amplio sentido de ser responsables con el medio ambiente, contribuyendo al desarrollo de nuestro país y con ello al beneficio de comunidades que están esperando una nueva opción para mejorar sus condiciones de vida.

INVENTARIOS NACIONALES FORESTALES: DESARROLLOS ACTUALES EN TÉRMINOS DE ENFOQUES Y USOS DE LOS RESULTADOS.

(National forest inventory: current developments in terms of approaches and uses of results)

C. Kleinn^{1*}, N. X. Lara²

¹Inventerio Forestal y Teledetección

Facultad de Ciencias Forestales y Ecología Forestal

Georg-August-Universität Göttingen, Alemania

Büsgenweg 5, 37077, Alemania, +49 551 39 33472

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Forestal Riobamba, Ecuador

*Correspondencia. E-mail: ckleinn@gwdg.de (Christoph Kleinn)

Inventarios forestales nacionales (IFNs) se refieren a inventarios que abarcan todos los bosques en un país con la meta de generar datos e información sobre el ecosistema bosque, como recurso. Para inventarios de rodales o de empresas forestales está bien claro que ellos están apoyando a decisiones a nivel de la empresa y que facilitan la planificación del manejo forestal, de las intervenciones silviculturales y del manejo de conservación de los bosques, sin embargo, para inventarios forestales nacionales los objetivos no son tan claros ni fácilmente “medibles”. Estos inventarios de grandes áreas sirven a nivel nacional para apoyar a decisiones políticas relacionadas con los bosques, para formular procesos políticos y regulaciones forestales tanto a nivel nacional como a nivel internacional cuando se informa a las convenciones internacionales.

IFNs tienen una larga historia (la primera IFN en base estadística se estableció hace 100 años en Noruega y en la actualidad están experimentando un fuerte renacimiento ya que el interés internacional con respecto al estado y a los cambios en los bosques es muy grande: tanto la convención sobre el cambio climático (UN-FCCC) como la convención de la biodiversidad (UN-CBD) demandan que los países signatarios entreguen anualmente informes sobre el estado y los cambios del recurso forestal. Estos datos también sirven como base para los pagos basados en resultados en los proyectos REDD+: países que quieren recibir pagos por haber reducido las emisiones de carbono forestal tienen la

obligación de dar evidencia que estas reducciones realmente ocurrieron. El proceso de control se llama MRV (medición, reportaje, verificación), y los inventarios forestales juegan un papel central dentro del MRV: si los proyectos se extienden sobre áreas grandes como países enteros o provincias, son los IFNs los que suministran una gran parte de los datos necesarios en el proceso MRV, tanto para los países como para los verificadores.

Desde el punto de vista técnico y estratégico, los IFNs tienen algunas principales características que son relevantes tanto para el reportaje internacional (por ejemplo como un componente en MRV), y a nivel nacional para el monitoreo del desarrollo de los bosques a nivel nacional:

- Se basan en métodos y luego evidencias científicas así que los resultados son transparentes y defendibles y en consecuencia creíbles;
- Producen información consistente (según un bien definido y transparente protocolo) y de calidad controlada para un área grande;
- Informan a los procesos de las políticas forestales a nivel nacional e internacional;
- Forman una base importante para el monitoreo de la sustentabilidad de las políticas forestales y del manejo forestal;
- Contribuyen a reducir y / o detener las especulaciones, por lo menos, bajo la suposición

que el intercambio de argumentos se basa en ciencia y racionalismo...; y

- permiten generar hipótesis, de esta manera apoyan a la investigación científica.

IFNs en el sentido estricto son proyectos técnicos con duración definida para la colección de datos y para producir información forestal relevante. IFNs forman parte de sistemas de monitoreo forestal nacional (SMFN), y estos son programas a largo plazo que tienen como componentes los IFNs permanentes que permiten hacer estimaciones de cambios de características y funciones de los bosques. Es importante tener claro que estos SMFN son programas que requieren de una institucionalización permanente y de una base legal; de lo contrario los SMFN van a fracasar en la mayoría de los casos como muchos ejemplos dan evidencia.

Es muy típico que los inventarios forestales se basan en principios estadísticos estrictos, y existe una gran variedad de opciones para el diseño de muestreo, para el diseño de las parcelas y para la integración de la teledetección u otras fuentes de variables auxiliares.

Se observa, sin embargo que en la educación académica, los IFNs reciben menos atención comparado con inventarios para el manejo forestal; con el resultado que los expertos en este campo no son abundantes, sobre todo los expertos que no solamente cubren un aspecto de los SMF. Una de las consecuencias de este hecho es que hay muchos casos en los cuales la planificación de IFNs está hecha de colegas que son expertos en otros campos y que carecen de la experiencia específica, frecuentemente con trasfondo académico en geografía o biología o solamente en la matemática o teledetección.

En este contexto es interesante analizar las actividades de investigación científica en el contexto del monitoreo forestal: mientras que haya mucha investigación científica e impresionantes avances con respecto a detalles

técnicos de modelaje, de estimación en base de muestreo estadístico y de teledetección, no hay mucho acerca de los igualmente importantes tópicos como: el papel de datos de SMFNs en la toma de decisiones y en las políticas forestales y de medio ambiente, acerca del impacto de los resultados, y acerca de como traducir los resultados de los inventarios hacia “mensajes útiles” para los tomadores de decisiones.

Evidencia adicional de este vacío es lo que se observa en muchas publicaciones: frecuentemente, las publicaciones sobre monitoreo forestal (y también sobre teledetección) comienzan con la afirmación: “Se necesita información de calidad para una buena toma de decisiones / formulación de políticas” sin embargo, casi ninguna de estas publicaciones concluye con una evaluación crítica de cómo las nuevas técnicas propuestas o la nueva información generada está contribuyendo en realidad a exactamente eso!

En el mismo contexto: hay varios excelentes libros de texto acerca de los campos técnicos como muestreo estadístico, modelaje estadística y teledetección, pero no hay ni un libro sobre la planificación de SMFNs! El último libro en este contexto “Planning a forest inventory” es de los años 1960 de la FAO; por lo tanto es tan importante y relevante la “Guía Voluntaria para la Evaluación Forestal Nacional” que la FAO acaba de publicar en 2017.

Como observaciones finales podemos constatar:

- Hay una creciente demanda de información forestal a nivel nacional e internacional;
- Muchos países se están enfrentando los mismos retos técnicos y de organización;
- Sostenibilidad, es importante la capacitación a largo plazo, tanto como la institucionalización del SMFN;
- SMFN son programas, no proyectos;
- Al fin, porqué no mirar el monitoreo

forestal a nivel nacional como una actividad y responsabilidad “normal” de los gobiernos para generar información relevante tanto como por ejemplo, los censos poblacionales o los servicios de inteligencia que hacen esencialmente la misma cosa: proveer información relevante para el gobierno.

- Hay que destacar que los SMFN siempre tienen una dimensión técnica y una dimensión estratégica (de la gestión o de las políticas); los SFMN e IFNs nunca deberían de ser vistos únicamente desde el punto de vista técnico. Y eso también debemos enseñar a la próxima generación de expertos en nuestras universidades.

Una elaboración más detallada de esta temática del mismo autor se encuentra en:

Kleinn, C (2017). The renaissance of National Forest Inventories (NFIs) in the context of the international conventions a discussion paper on context, background and justification of NFIs. *Brazilian Journal of Forest Research* 37(91): 369-379. DOI:10.4336/2017.pfb.37.91.1343

CRUZAMIENTOS ASISTIDOS COMO ESTRATEGIA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES FORESTALES Y AVANCES EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL.

(Assisted crossings as a strategy to increase the productivity of forest plantations and advances in forest genetic improvement)

*J. J. Acosta J, PhD**

Geneticist and Tree Improvement Specialist, Camcore.

Research Assistant Professor, College of Natural Resources.

School of Forest and Environmental Resources.

North Carolina State University, Raleigh, NC USA.

**Correspondencia. E-mail: jjacosta@ncsu.edu (J. J. Acosta J, PhD)*

En los programas de reforestación a gran escala es necesario implementar un programa de mejoramiento genético ordenado y sistemático que permita transferir a la operación forestal individuos superiores en términos de crecimiento y características de la madera; tolerancia a plagas y enfermedades; y adaptabilidad a condiciones ambientales. Mediante el establecimiento de estudios estructurados de mejoramiento genético y a través de mediciones recurrentes de variables dasométricas, sanidad y forma de los árboles, se pueden identificar los mejores individuos de las mejores familias y procedencias, los cuales conformarán una población base para las generaciones futuras de mejoramiento y proporcionarán una fuente de semilla mejorada y adaptada que permita mantener y aumentar la productividad de las plantaciones forestales en el corto, mediano y largo plazo en el proyecto forestal. Dos alternativas para la producción de semilla comercial son consideradas, rodales semilleros y huertos semilleros.

Rodal semillero (RS): Es una plantación, estudio o rodal natural que presenta características deseables en cuanto a forma, crecimiento y sanidad de los árboles. Por lo tanto, el rodal es entresacado y manejado para recolectar semilla de los árboles remanentes que será utilizada en el establecimiento de plantaciones forestales en el corto plazo.

Huerto semillero (HS): Es una plantación de clones o de progenies seleccionadas en estudios genéticos que se aísla para evitar o reducir la polinización a partir de fuentes contaminantes.

Este se maneja intensivamente para producir frecuentes cosechas de semilla abundante y fácilmente obtenible, con la mayor ganancia genética en un lapso de tiempo corto. Hay dos tipos de huertos semilleros:

- Huerto semillero de plántulas (HSP): Establecido a partir de plántulas propagadas sexualmente. Cada árbol es un genotipo único. Puede establecerse con plántulas de familias superiores o mediante el raleo intensivo de un ensayo genético, para favorecer el desarrollo de las copas y por ende la promoción de floración.
- Huerto semillero clonal (HSC): Establecido a partir de propágulos vegetativos (injertos, estacas enraizadas, acodos, cultivo de tejidos, etc). Este tipo de huerto contiene varias copias (ramets) por cada individuo originalmente seleccionado (ortet). Se establece en áreas donde se garantice la producción de semilla y favorezcan su manejo intensivo. La mayoría de los HSC están conformados por un grupo muy selecto de ortets (alta intensidad de selección y alta ganancia), por lo tanto, el valor de cada genotipo en el huerto puede ser evaluado fácilmente mediante la implementación de estudios de progenie.

Algunas de las ventajas que los huertos semilleros tienen con respecto a rodales semilleros son:

- Mayor ganancia genética como consecuencia de diferencias en intensidades de selección. Generalmente, la intensidad de selección en RS es mucho menor que la intensidad de selección en HS. Intensidades de selección baja equivalen a ganancias genéticas bajas.
- Huertos semilleros son económicamente muy eficientes, pues pueden ubicarse en una localidad central, cerca de las oficinas o del vivero. Eliminando las necesidades de viajes y optimizando la utilización de recursos, personal y equipos.
- Mayor producción de semillas, dado que los HS pueden establecerse en sitios donde la producción de semilla es alta. Adicionalmente, los HS pueden ser manejados para incrementar la producción de semilla (fertilización, tratamientos hormonales, riego, etc).

Bajo el enfoque clásico de mejoramiento, la manera más efectiva para transferir las mayores ganancias genéticas a la operación forestal por medio de material vegetal sexualmente propagado (semillas), es la realización de cruzamientos asistidos (cruces controlados) en huertos semilleros clonales. Para este fin, los mejores padres en términos del desarrollo de su progenie, son combinados bajo un diseño de cruzamiento cuyo objetivo es generar combinaciones genéticas superiores de alelos que se espera originarán ganancias altas en características deseables para la industria forestal. Otra ventaja que tiene el uso de cruzamientos asistidos en la operación forestal es que minimiza el riesgo de contaminación por polen, por lo tanto, la diferencia entre la ganancia genética estimada y la obtenida es mucho menor que bajo un escenario de polinización abierta. Finalmente, mediante la utilización de cruzamientos asistidos, los mejoradores forestales cuentan con una herramienta fundamental para avanzar a las siguientes generaciones de mejoramiento y aumentar el rendimiento futuro del patrimonio forestal.

IMPORTANCIA DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO EN PLANTACIONES FORESTALES Y SU ESTRATEGIA DE ORGANIZACIÓN PARA ALCANZAR EL ÉXITO.

(Importance of genetic improvement in forest plantations and their organizational strategy to achieve success)

*Juan Luis López, PhD**

Director Asociado Camcore.

North Carolina State University, Camcore.

Raleigh, North Carolina, USA.

Correspondencia. E-mail: jllopez@ncsu.edu (Juan Luis López, PhD)

Con los programas de mejoramiento genético forestal se busca incrementar la productividad de las plantaciones comerciales, mejorar la adaptabilidad de las especies a diferentes condiciones ambientales (mayor resistencia al frío y la sequía por ejemplo), incrementar la tolerancia a enfermedades, y mejorar las características de la madera para los productos que se tienen como objetivo. Además de incrementar la eficiencia en la utilización de la madera por la obtención de individuos con más rápido crecimiento y de mejores características morfológicas y de calidad de madera, estos programas se constituyen en una póliza de seguro que ayuda a reducir el riesgo de eventos catastróficos de una especie forestal. Un eventual ataque por un patógeno en una plantación forestal puede alcanzar efectos devastadores que comprometan la economía forestal de un país. Cuando se hace investigación con especies alternativas en diferentes ambientes, se puede tener la capacidad de reemplazar una especie que haya sido diezmada por una enfermedad, con otra que sea resistente a dicha enfermedad. El valor de una especie alternativa puede llegar a ser infinito, si toda la economía forestal de un país depende de la especie afectada y dicho mal compromete toda la producción industrial de dicha especie.

El modelo clásico del mejoramiento genético forestal parte de la selección de buenos fenotipos (aparición física del árbol) para obtener buenos genotipos (constitución genética del árbol). Es un proceso de selección continua de los mejores

individuos, familias y procedencias de una especie a través de varias generaciones. Este proceso de selección parte del bosque natural donde se realizan selecciones de los mejores fenotipos, basados en criterios de selección bien definidos. El proceso de selección continúa en los estudios de progenie, donde se evalúan las progenes y los árboles padres. Este es un proceso en el cual se buscan constantemente ganancias genéticas de las características evaluadas mediante la combinación de genes a través de la reproducción sexual. Se trata de incrementar la frecuencia de los genes (alelos) que definen las características deseadas en la población mejorada.

Los criterios de selección obedecen a aquellas características deseadas por el propietario de las plantaciones que invierte en el programa de mejoramiento genético. Las condiciones necesarias que deben cumplir las características a usar como criterios de selección son: alta variabilidad, alto valor económico y alta heredabilidad. Cualquiera de estas tres condiciones que falte en un programa de mejoramiento de plantaciones comerciales, desvirtúa dicho programa. Si las características tienen poca variabilidad, las posibilidades de ganancia genética se reducen considerablemente o pueden llegar a ser nulas, eliminando la utilidad y rentabilidad de dicho programa. Las características a seleccionar deben tener alto valor económico, pues la ganancia genética de las mismas es la que va a justificar la inversión en el programa. Finalmente, estas características

deben tener alta heredabilidad. No tiene sentido seleccionar buenas características de los árboles, si estas no se heredan. Normalmente, los criterios de selección en los programas de mejoramiento genético de especies forestales se enfocan en las siguientes características: resistencia a enfermedades, crecimiento en altura y diámetro, rectitud del fuste, forma de la copa, árboles sin defectos, ángulo de inserción de las ramas, espesor de las ramas, calidad de la madera.

Los estudios de progenie son medidos en el campo y los datos son procesados y analizados con sistemas estadísticos sofisticados (BLUP) para seleccionar las mejores familias e individuos. Con los individuos seleccionados de las mejores familias y procedencias en los estudios de procedencias y progenie, se establecen huertos semilleros. Normalmente los huertos semilleros se establecen a partir de injertos realizados con las yemas terminales de los árboles seleccionados en los estudios de progenie. También pueden ser yemas de árboles seleccionados con una alta intensidad de selección en el bosque natural o en plantaciones forestales. Los huertos semilleros pueden ser utilizados para cumplir dos funciones principales: producción comercial de semillas mejoradas genéticamente para el establecimiento de plantaciones comerciales, y/o producción de material genético para el establecimiento de ensayos de progenie de generaciones avanzadas. A través de polinización abierta y polinización controlada en los huertos se pueden producir semillas de hermanos medios y hermanos completos, con diferentes niveles de ganancia genética.

La realización de cruces híbridos entre diferentes especies forestales brinda la oportunidad de combinar genes propios de cada especie para obtener características complementarias. Por ejemplo, el cruce híbrido de *P. elliotii* x *P. caribaea* permite combinar en su progenie ventajas propias del *P. elliotii* tales como su alta resistencia a los vientos y el crecimiento en suelos con problemas de drenaje y ventajas del *P. caribaea* tales como su rápido crecimiento. Los híbridos entre especies

también permiten la posible obtención del vigor híbrido o heterosis, consistente en el mayor crecimiento en volumen de la progenie híbrida sobre el crecimiento de ambos padres de las especies puras.

Los programas de propagación vegetativa han jugado un papel importante dentro del desarrollo de los programas de mejoramiento genético de pinos, eucaliptos y otras especies forestales como la teca y la gmelina. Los programas de propagación vegetativa se basan en técnicas de propagación asexual que no constituyen parte del mejoramiento genético, pero que si permiten trasladar en forma rápida y efectiva las ganancias obtenidas en los programas de reproducción sexual a los programas operacionales. La técnica de enraizamiento de estacas ha sido utilizada a escala operacional en plantaciones de eucaliptos en forma económica desde los años setentas en Brasil y otros países. El manejo de esta técnica permite la producción masiva de estacas enraizadas para el establecimiento de plantaciones comerciales monoclonales. El uso de las estacas enraizadas en pinos actualmente permite la producción masiva de individuos de la misma familia para ser plantados a escala comercial; es lo que se conoce como forestal por familias. Para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales monoclonales de pino hay que acudir a la técnica de embriogénesis somática, utilizada como medio de producción de embriones somáticos a partir de una semilla. Es una técnica de laboratorio que requiere una inversión importante por parte del interesado y actualmente es utilizada por varias empresas en la propagación comercial del *P. radiata* en Chile y del *P. taeda* en el sur de los Estados Unidos. La técnica de enraizamiento de estacas también es utilizada en los programas de híbridos de pino por la baja producción de semillas obtenidas durante los cruces controlados entre diferentes especies. Las pocas semillas cosechadas de los cruces híbridos se utilizan para generar setos en el vivero que permitan producir estacas enraizadas en forma masiva.

Finalmente, las ganancias genéticas que se reflejan en el incremento de la productividad de madera del orden del 20% al 30% en muchas especies en el primer ciclo de mejoramiento genético, se traducen en ganancias económicas. La inversión en un programa de mejoramiento genético forestal requiere que la empresa que está plantando árboles comercialmente alcance cierta magnitud operativa. En otras palabras, la rentabilidad de la inversión en un programa de esta naturaleza está íntimamente ligado al área de plantaciones que se establece cada año. La alternativa para las empresas que operan a pequeña escala, es la compra del material genéticamente mejorado de las empresas que lo producen.

CAPÍTULO II



NOTAS RÁPIDAS

NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DE CONÍFERAS: UNA REVISIÓN.

(Conifers Nutrition and Fertilization: A Review)

A. Alvarado (1)*, E. E. Vaides (2)

(1) Centro Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

(2) Tripan, Petén, Guatemala

*Correspondencia. E-mail: alfredo.alvarado@ucr.ac.cr (A. Alvarado)

RESUMEN

Las coníferas requieren una cantidad de nutrimentos menor a la que necesitan muchas otras especies forestales tropicales y subtropicales de uso comercial. En el trabajo se resumen y discuten los aspectos generales sobre nutrición y fertilización de las coníferas, en particular de algunas especies del trópico bajo (p.e. *P. caribaea*) en conjunto con especies subtropicales del bosque medio (p.e. *P. oocarpa*) y alto (p.e. *P. patula*, *P. elliotii*, *P. taeda*, *P. radiata* y *P. maximinoi*). Además se discute el mismo tema para *Cupressus lusitanica*. Entre los pinos tropicales de pisos bajos a medios el *P. caribaea* var. *Caribaea* es probablemente el más conocido y utilizado en América Central y el Caribe, donde las variedades *hondurensis* y *bahamensis* son apreciadas por su rusticidad; en países como Cuba, Colombia y Brasil se ha investigado sobre los aspectos nutricionales de la especie. Para otras especies son relevantes los avances encontrados en Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Chile, Colombia, México, Guatemala, Honduras, Venezuela y Costa Rica.

Palabras claves: forestales, trópicos, pinos

ABSTRACT

Tropical and subtropical tree conifers nutrient requirements are lower than broadleaf tree species of commercial use. The paper summarizes available information on nutrition and fertilization of natural forest or plantations of conifers emphasizing on *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. elliotii*, *P. taeda*, *P. radiata* and *P. maximinoi*. The majority knowledge is being generated for *P. caribaea* vars. *Caribaea*, *hondurensis* and to lesser degree *bahamensis* the most planted species in Central America and Cuba. Other species are planted in large tracks of United States of America, Australia, New Zealand, South Africa, Chile, Colombia, Mexico, Guatemala, Honduras, Venezuela and Costa Rica.

Key words: forestry, tropics, pines.

1. Introducción

En este documento se compila y discute lo pertinente a la nutrición y fertilización de los géneros *Pinus* y *Cupressus*, de importancia en sistemas de producción comercial de madera, pulpa y de conservación de suelos de ladera en regiones tropicales y subtropicales. Mayor información sobre el tema puede observarse en el trabajo de resumen de Alvarado (1). De acuerdo con Goldammer (2) en el mundo se han reconocido aproximadamente 105 especies

de pino, algunas de las cuales se encuentran en los trópicos; sin embargo, en forma natural no se encuentran pinos en África ni en todo el hemisferio sur, excepto Sumatra. En los trópicos los pinos están confinados en el bosque lluvioso montano bajo, normalmente en sitios secos y prefieren regiones con una estación seca marcada; en regiones subtropicales pueden encontrarse en tierras bajas, como sucede en el sur del continente norteamericano. En Centroamérica

existen alrededor de 21 especies del género *Pinus*, seis de las cuales han concentrado los principales esfuerzos de investigación: *P. ayacahuite* (pinabete, acalocote), *P. montezumae* (pino, ocote, montezuma), *P. pseudostrobus* (pino blanco, ocote), *P. oocarpa* (pino prieto, pino colorado, ocote chino), *P. tecunumanii* y *P. caribaea* var. *hondurensis* (pino honduras, pino caribe). En Guatemala y Honduras aproximadamente la mitad del total de la superficie está cubierta con bosques de las especies *P. caribaea*, *P. oocarpa* y *P. maximinoi*. Otros pinos (*P. taeda*, *P. elliottii* y *P. radiata*) se cultivan comercialmente en grandes extensiones en Australia, Nueva Zelanda, África del Sur, Madagascar y Chile y en menor extensión en México.

La información disponible sobre las necesidades (3) y respuesta a la adición de nutrientes en plantaciones comerciales de pinos son bajas (4), excepto la respuesta a la aplicación de 50-60 kg P ha⁻¹ en suelos ácidos e infértiles. Aparte del ciprés, la mayoría de los pinos son especies pioneras y tienden a dominar en sitios disturbados como terrenos de avalancha, terrenos cultivados en abandono y sitios quemados. Los pinos pueden agruparse de acuerdo a las condiciones climáticas donde prosperan en tropicales (*P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. kesiya* y *P. merkusi*) y subtropicales o de altura (*P. elliottii*, *P. maximinoi*, *P. taeda*, *P. patula*, *P. radiata* y *P. tecunumanii*). Especies como *P. patula* y *P. tecunumanii* están tan adaptadas a su hábitat natural que de acuerdo con Van Zonneveld et al. (5) se verían poco afectadas por los cambios climáticos aunque en el caso de *P. tecunumanii* si sufriría por causa de la fragmentación del ecosistema para urbanización y agricultura.

La mayoría de estas especies tienen una gran capacidad de tolerar las quemadas y los suelos ácidos, así como de resistir ambientes fríos, suelos de fertilidad baja, drenaje marginal y poca profundidad efectiva. Por esta razón en muchas áreas del mundo se utilizan pinos para reforestar sitios con suelos pobres, aunque esto no es aconsejable (6). En relación a la profundidad

efectiva del suelo la experiencia cubana (7, 8) indica que la presencia de capas endurecidas en el suelo puede limitar el crecimiento de los pinares naturales de la isla y demuestra que el subsolado de los terrenos, donde fue posible hacerlo, incrementó la profundidad efectiva de 30 a 60 cm y favoreció la retención y almacenamiento de agua disponible durante los meses secos, con un efecto residual mayor a los 2 años. Cuando se presenta una capa endurecida conocida como cangahua en los Andes del Ecuador (9, 6) en suelos empobrecidos de pendientes muy fuertes y de clima lluvioso no es económicamente viable fertilizar y se sugiere plantar especies nativas entre las cuales podría hacerse un enriquecimiento posterior con pinos.

Jokela (10) menciona que los factores que definen la productividad de las plantaciones coetáneas puras de los pinos en el sureste de los Estados Unidos está influenciada por un sinnúmero de procesos que incluyen principalmente la suplencia de nutrientes, la eficiencia de la utilización de la luz, la genética del material plantado y la dinámica de las plagas; la colonización temprana y el desarrollo de un área foliar funcional representan una estrategia importante para mejorar la productividad de las plantaciones y su fertilización es uno de los tratamientos silviculturales con una relación costo-beneficio más eficiente para lograrlo.

2. Escogencia del sitio

Davey (11) considera que para el crecimiento satisfactorio de las coníferas se necesita al menos una concentración mínima de nutrientes disponibles en el suelo, otros autores agregan que por el bajo consumo de nutrientes los pinos presentan buenas tasas de crecimiento (12) y en el caso de *P. taeda* y *P. elliottii* ni siquiera presentan síntomas de deficiencias foliares (13). La adaptación de los pinos a condiciones ambientales naturales depende principalmente de las condiciones de drenaje, la profundidad efectiva del suelo y su fertilidad (14). Varios autores han llevado a cabo experimentos de

fertilización especialmente con *P. radiata*, *P. elliottii*, *P. patula* y *P. taeda* encontrando que casi todas las plantaciones comerciales de estas especies responden positivamente a la adición de 115 kg ha⁻¹ de variadas fórmulas de fertilizante (15) y que bajo estas condiciones la adición de poco N con una buena cantidad de P mejoran la resistencia al viento (16). Pritchett y Smith (17) mencionan que la adición de N afecta el crecimiento de los árboles en un 53% de los sitios comparados, aunque no lo hizo cuando los suelos eran deficientes en P asimilable y que la adición de P afectó su crecimiento en el 63% de todos los sitios y en un 82% en los sitios arenosos mal drenados.

Al menos en el caso del N, el número de rotaciones causa que se agote la suplencia de este elemento en cantidades adecuadas para el buen crecimiento de las plantaciones sucesivas, lo que obliga a su adición en plantaciones comerciales (18). Sin embargo Saarsalmi et al. (19) encontraron que en un suelo superficial después de fertilizar con N y P treinta plantaciones de *P. sylvestris* y *Picea abies* por un período de 42-50 años en Finlandia, la cantidad de materia orgánica y de la mayoría de los nutrimentos tendió a aumentar y la relación C/N tendió a decrecer mientras que la fertilización con P y el encalado causaron resultados más o menos satisfactorios desde el punto de vista de productividad.

Carlson (20) al resumir los resultados de 71 ensayos de fertilización al momento de la plantación de *P. patula*, *P. elliottii*, *P. taeda* y *P. caribaea* menciona que en suelos de África del Sur y Suazilandia más del 80% de los ensayos mostraron respuesta significativa a la adición de 20 g de P por árbol al momento de plantar y que la respuesta al elemento en el 67% de los ensayos no se mantuvo cuando los árboles alcanzaron los 9 años de edad (efecto residual), lo que obliga a realizar una o más aplicaciones de este elemento hasta alcanzar dicha edad.

En los altiplanos de Madagascar Bailly et al. (21) mencionan que las especies *P. kesiya* y *P. patula*

en suelos pardo amarillentos ferralíticos lixiviados y derivados de granito migmatítico responden excelentemente a la adición e interacción de P y K, elementos que permiten mejorar el crecimiento de las plantaciones entre un 25 y un 35%; por el contrario la contribución del P solo o del N, Ca y Mg al desarrollo de los árboles en estos sitios es nula.

En una revisión bibliográfica sobre micro nutrimentos en coníferas Saur (22) describe los efectos fisiológicos del Cu, Mn, Zn y B sobre el crecimiento de los árboles y el comportamiento de estos elementos en los suelos y las plantas, elementos considerados como los de mayor concentración en los tejidos vegetales. En relación al Cu, (22) menciona que la deficiencia del elemento ocurre principalmente en suelos arenosos y ácidos y en general se identifica cuando los tejidos foliares contienen concentraciones inferiores a 2-3 mg Cu kg⁻¹ y los óptimos 3-4 mg Cu kg⁻¹; el exceso de Cu en el suelo ocurre sobre valores de 15 mg kg⁻¹ para *P. elliottii* y su carencia suele corregirse con la pulverización foliar de sulfato de cobre. El Mn es uno de los elementos más importantes para el crecimiento de las plantas leñosas y se encuentra en cantidades grandes, en particular en las coníferas las cuales toleran niveles elevados del elemento a nivel foliar (1000-5000 mg Mn kg⁻¹), lo que se considera como un mecanismo de adaptación fisiológica al exceso del metal en el suelo; su deficiencia es rara y puede ocurrir en suelos de origen calcáreo y de turba poco fértiles.

En el caso del Zn el autor menciona que su deficiencia y su toxicidad son de rara ocurrencia en coníferas, excepto para el caso de *P. radiata* y *P. pinaster* en suelos muy pobres de Australia y de *P. kesiya* en Madagascar. Reissmann y Wisnewski (13) mencionan que para la mayoría de los pinos el contenido adecuado de Zn en las acículas oscila entre 10-20 mg kg⁻¹ y entre 20-80 mg kg⁻¹ para plantaciones de *P. taeda* de 8 años. Por el contrario, la carencia de B es muy común y se atribuye a la baja concentración del elemento en las rocas madre, agravándose en suelos hidromórficos y

con la ocurrencia de gramíneas; el nivel crítico foliar del elemento para coníferas se considera es de 10 mg B kg⁻¹ (23).

Los estudios sobre fertilización de coníferas en Andisoles de Colombia comprueban la enorme respuesta que estas especies tienen a la aplicación de P>B>N, elementos que si se adicionan permiten aumentar el crecimiento de los árboles y el volumen de madera producido. En el caso del B, su deficiencia se reconoce porque los árboles de pino y ciprés presentan una apariencia achaparrada y porque su aplicación reduce la bifurcación y la incidencia del secamiento terminal (24).

Nosololacantidaddenutrimentos es determinante en la escogencia del sitio para plantar pinos, ya que el tipo de suelo y su régimen de humedad generan diferente respuesta (25); el orden de suelo y otras variables climáticas y edáficas determinan que en la Sierra Ecuatoriana se plante el *P. radiata* en suelos de buena fertilidad, sin neblinas y entre 2 200 y 3 200 msnm y el *P. patula* en el mismo piso pero con una variación altitudinal y de clima más amplia (9, 26). Idris y Osman (27) comparan el efecto de la cobertura del terreno en muestras de suelo tomadas de 30-50 cm de profundidad de plantaciones de *C. lusitanica* en sitios elevados, *P. radiata* en pendientes y *P. patula* en depresiones establecidas a elevaciones entre 2 000 y 2 300 msnm en Andisoles de Sudán del Sur. Los autores concluyen que en las partes de depresiones del relieve se encuentra mayor disponibilidad de agua y un mayor contenido de materia orgánica lo que favorece la tasa de crecimiento de *P. patula* sobre las otras dos especies comparadas.

En México la utilización de especies del género *Pinus* en suelos volcánicos y suelos residuales muestra un mejor desarrollo en comparación con suelos calcáreos donde se presentan tasas altas de mortalidad. En suelos residuales y volcánicos se observa una merma en la sobrevivencia de los árboles cuando el pino se planta en regiones secas, mientras que en suelos calcáreos esta variable disminuye poco, sea que se plante en regímenes secos o húmedos. Dvorak (28) discute

sobre la necesidad de mejorar genéticamente las procedencias de pinos para soportar condiciones de sequías prolongadas, previstas a futuro y causadas por cambios climáticos.

3.Requerimientos nutricionales

La concentración de nutrimentos de los varios componentes del árbol es muy diferente y no se ve mayormente afectada por la edad de la plantación (29, 3). Las mayores concentraciones de N, P, K y Zn se encuentran en los tejidos nuevos en la parte más alta de la copa y las menores en las acículas muertas, indicando la translocación de estos nutrimentos desde las acículas senescentes hacia los tejidos vivos antes de su abscisión. Por el contrario, las concentraciones de Ca, Mg, B y Mn disminuyeron con la altura de la copa (tejidos más viejos) y alcanzan los valores más altos en los tejidos muertos donde tienden a acumularse. Las concentraciones de N, P y K siguen el orden madera, ramas muertas < ramitas muertas < ramas vivas, corteza < acículas muertas, ramitas vivas < acículas vivas, mientras que las concentraciones de Ca y Mg tienen un patrón diferente en el orden madera, corteza < ramas muertas, ramas vivas < ramitas muertas, ramitas vivas < acículas vivas < acículas muertas. La mayor variación en concentración de nutrimentos entre los tejidos se presenta en los casos del P y K. Los contenidos foliares críticos de P de las diferentes especies de pino varían poco.

4. Absorción de nutrimentos

Como la variación de la concentración de nutrimentos entre los componentes del árbol es relativamente baja, su patrón de acumulación difiere más en función de la biomasa de los mismos. De esta manera, la mayor acumulación de nutrimentos ocurre en la parte más joven de la corona de los árboles durante los primeros años de la rotación. Una vez que se cierra el dosel, la demanda por nutrimentos disminuye, ya que se requiere absorberlos mayormente para la producción de madera (30, 31, 32). A pesar

de que la biomasa foliar representa tan solo el 15% del total de la biomasa, los nutrientes asociados a esta fracción representan el 48% del P y el 59% del Ca, mientras que la madera cosechada representa el 70% de la biomasa total y tan solo contiene el 37% del P y el 20% del Ca (3) por lo que la extracción y reposición posterior de estos nutrientes al ecosistema en este tipo de plantaciones es poca. En estudios sobre la distribución de biomasa de *P. oocarpa* con diferentes edades, se observó las siguientes proporciones: 14% copa, 13% corteza y 73% el tronco y los nutrientes corresponden 37% la copa, 15% corteza y 45% al tronco. Waterloo (3) documenta que la acumulación de macro nutrientes en *P. caribaea* aumenta con la edad de la plantación, alcanzándose el máximo de acumulación entre los 6 y 8 años de edad, lo que coincide con el desarrollo de la copa.

5. Reciclaje de nutrientes

La absorción de cualquier nutriente depende de su disponibilidad inmediata en el suelo y de otros factores edáficos como el pH del suelo, la presencia de otros elementos y complejos que puedan interactuar con el nutriente en consideración, el contenido de humedad, la estructura, la presencia de hongos y la distribución de raíces (todos en el mismo sitio), así como a diferencias en otras condiciones ambientales como la temperatura y la precipitación (variación estacional y entre sitios). Los efectos de la adición de cenizas producto de las quemadas y la aplicación de N como fertilizante influyen poco en el crecimiento de las coníferas (33) probablemente debido a su poca cantidad y baja concentración, particularmente en Ca (34).

En algunas ocasiones se observa un aumento de C y P y una disminución de K, Ca y Mg en los suelos bajo plantaciones de *Pinus*, lo que causa un aumento en la cantidad relativa de Al del suelo. Switzer y Nelson (35) mencionan que en plantaciones de *P. taeda* la masa del sistema aumentó 10 veces durante un período de crecimiento de 20 años incrementándose las cantidades de N, P, K, Ca, Mg

y S en aproximadamente 4, 4, 11, 7, 5 y 3 veces, respectivamente.

El horizonte orgánico en una plantación de *P. caribaea* de 20 años contiene 24,5 C, 2,6 N, 1,4 P y 2,6 S t ha⁻¹, valores más altos que los encontrados en la sabana natural adyacente (1,2 C, 23 N, 1,2 P, 2,3 S kg ha⁻¹) en Oxisoles de Brasil (36). Sin embargo dentro del suelo mineral no se encuentran diferencias significativas en la concentración de los elementos mencionados, aunque a profundidades de 1,2 a 2,0 m los contenidos de C, N y S orgánico son mayores bajo cobertura de *Pinus* que de sabana natural, fenómeno asociado a la descomposición de las raíces del pino (36).

Varios estudios sobre reciclaje de nutrientes en bosques naturales de *Quercus humboldtii* y plantaciones de *P. kesiya*, *P. patula*, *P. oocarpa* y *C. lusitanica* sobre Andisoles a 2400 msnm y temperatura media 15°C del bosque húmedo Montano Bajo de Popayán y Piedras Blancas, Colombia (37a, 38, 39, 40) indican que:

- Muchos de los residuos (hojarasca) que caen al suelo, especialmente en rodales y plantaciones de coníferas en regiones tropicales de montaña se acumulan o inmovilizan en esta fracción,
- en plantaciones de coníferas entre 9 y 12 años, la adición de residuos fue mayor en plantaciones de *P. kesiya* (3,4 Mg ha⁻¹), que *P. patula* (2,1 Mg ha⁻¹), que *P. oocarpa* (1,9 Mg ha⁻¹) y que *C. lusitanica* (1,6 Mg ha⁻¹), por lo que se puede asumir que *P. kesiya* es más eficiente en extraer y reciclar nutrientes del suelo que las otras especies comparadas,
- la caída de hojarasca fina fue similar en el roble (5,3-7,9 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y el pino (4,9-8,4 Mg ha⁻¹ año⁻¹) y muy inferior en el ciprés (2,5-3,7 Mg ha⁻¹ año⁻¹),
- las especies de coníferas muestran la mayor eficiencia y uso de los nutrientes (EUN) para todos los nutrientes estudiados excepto el P,

- ocurre una baja EUN de N causada probablemente por su escasa disponibilidad edáfica dadas sus bajas tasas de mineralización en estos bosques montanos,
- en el mismo bosque la re translocación permite la conservación de nutrientes reduciendo sus pérdidas por lavado foliar y desde la hojarasca desprendida del dosel,
- el P alcanzó el máximo absoluto en el robleal mostrando una clara re translocación de este nutriente,
- ganancias de P vía deposición neta que incluye lavado foliar y deposición atmosférica, indican que el roble absorbe el P contenido en el agua lluvia desde las hojas antes de que alcance el piso del bosque,
- el K mostró la máxima re translocación, con valores influenciados por su carácter eminentemente móvil, de acuerdo con los máximos absolutos encontrados para él en la deposición neta,
- el Mg no presentó una clara relación entre la re translocación y la EUN,
- el mantillo representó 1,76; 1,73 y 1,30 Mg ha⁻¹ año⁻¹ en el robleal, pinar y cipresal, respectivamente,
- el tiempo medio de residencia (TMR) del mantillo siguió la secuencia: cipresal (3,3 años) > pinar (2,1 años) > robleal (1,8 años),
- los menores TMR de nutrientes se presentaron para la hojarasca foliar del robleal, en su mayoría inferiores a 1,0 años,
- la cantidad de nutrientes retenidos en el mantillo siguió la secuencia: pinar (115 kg ha⁻¹) > robleal (78 kg ha⁻¹) > cipresal (24 kg ha⁻¹),
- en términos de la función eco sistémica en el robleal los procesos estudiados son muy superiores vía provisión de nutrientes al suelo y regulación de los ciclos biogeoquímicos, aspectos que deben ser considerados previa implementación de programas de repoblamiento forestal,
- la cantidad de nutrientes retornados a través de la hojarasca foliar en cada ecosistema siguió el orden C>N>Ca>K>Mg>S>P en el bosque de roble, C>N>P>Ca>Mg>K>S para el pino pátula

y C>Ca>N>K>S>Mg>P para el ciprés,

- los resultados muestran un menor retorno de elementos hacia el piso del bosque en las plantaciones de coníferas y un retorno real posiblemente más lento como producto de valores mayores de la relación C/N del material foliar de las coníferas.

6. Niveles de deficiencia foliar

Para realizar el análisis foliar del género Pinus se recomienda tomar acículas jóvenes, sanas, totalmente desarrolladas del tercer o cuarto grupo de verticilos del ápice terminal, de las ramas laterales superiores, en árboles que no estén fructificando (41). Se deben tomar las acículas de árboles verdes y en la época de poco crecimiento, de partes completamente iluminadas de la corona. La muestra debe consistir de 15 árboles del mismo tamaño en lo posible co-dominantes. Las acículas deben colocarse en bolsas de papel con su debida identificación y la descripción del sitio. Para el caso de P. taeda, Driessche (42) recomienda muestrear la parte alta de la copa ya que el efecto de la parte inferior eleva las concentraciones conforme aumenta la competencia entre copas.

El diagnóstico de los niveles adecuados de concentración foliar en P. caribaea, P. elliottii y P. taeda puede hacerse con base en los valores desarrollados por Bevege y Richards (43) y Richards y Bevege (44) en Australia, valores utilizados para determinar la mejor época de corta de los árboles. El nivel crítico de un elemento en la planta, depende de que los demás nutrientes hayan sido proporcionados en forma adecuada, ya que la deficiencia de otro elemento puede alterar el nivel crítico del primero y varían en el follaje según su edad y con la procedencia del material genético.

También debe considerarse la época de recolección de la muestra foliar. En plantaciones de P. radiata adultas en Nueva Zelanda (45, 46) y jóvenes en Chile (47) se menciona que para el caso de Ca, Zn, Fe, Mn y K la época de recolección

es importante, para el N, P, Mg y Na tiene una importancia moderada y para el Cu no parece tener mayor influencia (47). En resumen (47) se puede establecer dos fases de estabilización de niveles de elementos, la primera de 15-42 días después de la polinización y la segunda 70-112 días luego de la polinización; en el primer período permanecen estables los macronutrientes, además del Cu y Na, en tanto en el segundo se produce una estabilidad de los micronutrientes y del Ca y K.

7. Concentración de nutrimentos y niveles de deficiencia foliar

Empleando cultivos hidropónicos Will (46) y (48) describen los niveles foliares y los síntomas de deficiencia asociados a los mismos en acículas de *P. radiata* y *P. caribaea* var. *hondurensis*. Debe recordarse que estos síntomas son ciertos para plántulas bajo condiciones de invernadero de la especie mencionada y por tanto no deben utilizarse para condiciones de plantaciones ya establecidas.

8. Fertilización de mantenimiento de la plantación

En general la fertilización de los pinos varía según la fertilidad natural de los suelos por lo que se recomienda la adición de abonos de acuerdo a un esquema que además contemple algunas prácticas silviculturales como las podas y los raleos (49). Los pinos responden menos a la fertilización que otras especies y pueden mostrar incrementos del 20% cuando se fertilizan en suelos pobres, sobre todo cuando se adicionan P, K, Ca y Mg en suelos de Brasil. Bajo las condiciones de sitio de África del Sur, Turbull (50) indica que la formación de madera temprana depende fundamentalmente de los nutrimentos acumulados durante el período de crecimiento anterior a su formación mientras que la producción de madera subsecuente depende más de las condiciones climáticas imperantes durante su formación. Después de estudiar la fertilización de *P. pinaster* por 50 años

en Francia Trichet et al. (51) concluyen que la sola adición al trasplante de los árboles de una dosis de 17-35 kg P ha⁻¹ fue suficiente para lograr incrementos significativos en crecimiento del 20-40% o una reducción de 4-5 años en el turno de corta, con efecto residual de hasta de 20 años. Odiwe (52) encontró en plantaciones de *P. patula* y *P. elliottii* que la fertilización tardía de ambas especies con N y P no causaron efectos significativos sobre las variables de crecimiento medidas, ni las propiedades del suelo u otros procesos biológicos; el autor recomienda hacer aplicaciones tardías de estos elementos en áreas en las que estos elementos sean deficientes, con precipitación alta y una distribución confiable de la misma.

9. Acidificación y encalado del suelo en plantaciones de coníferas

Frases como “plantar pinos acidifica y esteriliza el suelo” o “los pinos acaban con los suelos por cuanto producen acidificación, lo que impide el desarrollo de cualquier otro tipo de vegetación” surgen en Europa cuando se compara las características de suelos en bosques sin coníferas contra suelos plantados con coníferas, en vez de comparar el suelo antes y después de plantar este tipo de especies arbóreas (46, 53, 24). Sin embargo, en regiones tropicales de Colombia, Fernández et al. (54) encontraron que las plantaciones de *P. caribaea* promueven la regeneración natural por encima de las pasturas abandonadas, mostrando una alta diversidad de especies que conviven y comparten recursos bajo estas plantaciones, no impidiendo así el desarrollo de la vegetación nativa y por el contrario formando un sotobosque muy heterogéneo. Debe recordarse que el proceso de podsolización, que efectivamente conlleva a la formación de suelos ácidos, no ocurre exclusivamente bajo vegetación de coníferas en suelos arenosos, cuarcíticos y en climas de alta precipitación pluvial, sino que es el resultado de una serie amplia de factores bióticos y abióticos de formación de suelos.

Lilienfein et al. (36) mencionan que la sustitución de vegetación de Cerrado por *P. caribaea* Morelet en Oxisoles de Brasil no permite observar cambios en la fase sólida del suelo, aunque las concentraciones de metales en la solución del suelo bajo pino indican que con este tipo de cobertura se lavan más elementos, lo que puede conducir eventualmente a la acidificación del suelo. Wilcke y Lilienfein (55) al estudiar el efecto de la cobertura de plantaciones de *P. caribaea* Morelet y de Cerrado (pastos y arbustos) en Anionic Acrustoxs de Uberlândia, Brasil, encontraron que bajo vegetación de pino se almacenan más nutrimentos en los horizontes orgánicos probablemente debido a que las raíces del pino exploran un mayor volumen de suelo y que el tiempo de residencia de la materia orgánica y de todos los elementos ligados a ella fue mayor bajo cobertura de pino; por lo anterior pareciera que está acumulación de nutrimentos en los horizontes orgánicos permite el mejor crecimiento de los pinos en el tiempo lo que iría en acuerdo con la observación de una reversión de la acidez del suelo después de la segunda rotación mencionada por Urrego (53).

En varios artículos se menciona sobre incrementos en la acidez de los suelos reforestados con coníferas, aunque en la mayoría de los casos, las reducciones de pH fueron temporales y los valores de acidez regresaron a sus niveles previos poco tiempo después de ser establecida la segunda rotación (53). En Nueva Zelanda, donde las plantaciones de *P. radiata* se han establecido desde los comienzos de siglo en suelos cuyo pH fluctúa entre 4,8 y 5,5 se ha determinado, después de 40 a 60 años (dos a tres rotaciones) y cuando éstos han sido inferiores a 4,0, que la especie es capaz de aumentar estos valores atenuando la acidez existente (Hill, 1984, mencionado por Urrego 53). En Chile *P. radiata* crece en suelo de pH entre 4,2 y 5,8, sin que después de tres rotaciones se haya detectado incrementos en la acidez o disminuciones en la productividad (53). En suelos ácidos de Cuba bajo agricultura y en suelos con árboles de *P. caribaea* Morelet, de 34 años de edad Sánchez et al. (56) mencionan una

disminución del pH del suelo en KCl en ambos casos, pero en forma más acelerada bajo cultivo agrícola, como resultado del efecto residual de los fertilizantes y del lavado natural de los suelos. Mantener la productividad del suelo en el largo plazo en plantaciones de coníferas es fundamental y se lleva a cabo empleando prácticas intensivas de manejo tales como la fertilización que puede mejorar la calidad del suelo e incrementar la productividad (57).

En latosoles ácidos e infértiles, profundos, arenosos y bien drenados la aplicación de 6 t cal ha⁻¹ a plantaciones de *P. caribaea* var. bahamensis causa un efecto significativo en el crecimiento de los árboles entre el segundo y noveno año de la plantación, mientras que cantidades mayores de cal causaron un efecto negativo; una dosis de 3 t ha⁻¹ de cal causó un efecto significativo sobre el crecimiento de los árboles, tanto en ausencia como en presencia de la aplicación de fósforo. Little y Zabowski (58) estudiaron el efecto de la adición de cal y yeso sobre la sinuosidad de *Pseudotsuga menziesii* asumiendo que el Ca podría reducir este defecto, que sucede también en otras coníferas, sin encontrar que se disminuyera el defecto aunque si se mejorara el contenido de Ca en el suelo y el tejido foliar.

10. Nutrición, fertilización y asociaciones micorrícicas

La presencia de ectomicorrizas en plantaciones de pino, puede traer ventajas como una mayor tolerancia a enfermedades y al exceso de metales pesados. La colonización de las micorrizas es muy sensible a los cambios del suelo y debe hacerse cuando se introduce el pino a un sitio nuevo, o cuando el suelo por alguna razón no tiene micorrizas nativas (20). Cuando se introdujeron los pinos en Costa Rica (59) estos presentaban un crecimiento muy pobre, se tornaban cloróticos con síntomas de deficiencia de P y posteriormente morían, lo que obligó a introducir las micorrizas.

La relación del ciprés con endomicorrizas, al contrario de los pinos que forman asociaciones

con ectomicorrizas, puede explicar en parte la menor tasa de mineralización de materia orgánica y nutrimentos en el sistema de ciprés. El efecto de las micorrizas en las diferentes especies de pino es mayor cuando se plantan en suelos pobres que cuando se utilizan sitios de fertilidad moderada a alta (11), mostraron que en plantaciones de *P. caribaea* y de *P. taeda* se reducía la presencia de micorrizas conforme se aumentaba la adición de nitrato al suelo, debido a que la aplicación de altas dosis de N inhibe la formación de la micorriza y disminuye la absorción del P aplicado.

11. Efecto de la fertilización y otras variables del suelo sobre la calidad de la madera

En adición a los incrementos en productividad de madera logrados a través de la fertilización (Figura 4), también se ha notado que esta práctica modifica la calidad de la madera al hacer variar su densidad específica, el diámetro de los anillos de crecimiento, la resistencia a la ruptura, la elasticidad, la proporción de lignina, la producción de madera tardía y el espesor de las paredes de las traqueidas (60, 61, 46, 62, 63). Algunos de los efectos positivos atribuidos a la fertilización con algunos elementos sobre la calidad de la madera son los siguientes:

1. Williams y Hamilton (60) mencionan que los cambios en la madera de *P. elliotii* en suelos arenosos e infértiles de la costa pacífica de los Estados Unidos se deben principalmente a la adición de N (720 kg ha⁻¹ de nitrato de amonio) y en mucho menor escala a la aplicación de P (600 kg ha⁻¹ de superfosfato al 20%),

2. Con la aplicación de niveles altos de N y de P se encontró una merma en la compresión de los elementos fibrosos y la densidad de las células, efectos que para el K y el P no fueron bien definidos,

3. Con la adición de K, se encontró un incremento en el grosor de las traqueidas y una disminución de la densidad de las fibrotraqueidas,

4. La adición de P, S y K afecta positivamente el crecimiento y la concentración de la celulosa (64). Otro tipo de efectos sobre la calidad de las maderas atribuidos a la fertilización con algunos elementos son los siguientes:

5. Van Lear et al. (61) encontraron que la adición de diferentes combinaciones de N P K a plantaciones de *P. taeda* por 4 años consecutivos no produjeron ningún efecto sobre las variables de crecimiento y ninguno de los elementos afectó la producción de madera tardía ni su gravedad específica,

6. Antony et al. (63) compararon el efecto de adicionar 0, 112, 224, y 336 kg N ha⁻¹ con y sin 28 kg P ha⁻¹ sobre el crecimiento y las propiedades de la madera a la altura de pecho en plantaciones de rotación media de *P. taeda* raleadas y no raleadas; los autores encontraron que: i) la gravedad específica de la madera tardía disminuyó con la aplicación de N en los rodales raleados y no así en los no raleados, ii) el ancho completo de los anillos de la madera tardía y de la madera temprana aumentaron significativamente con la adición de N en los sitios raleados pero no en los no raleados, iii) la gravedad específica de los anillos completos, de la madera temprana, el porcentaje de madera tardía y la relación madera tardía/madera temprana no fueron afectados por la fertilización en rodales raleados y no raleados y iv) la respuesta en crecimiento y propiedades de la madera a la fertilización tuvo una duración de 2-3 años, dependiendo de la cantidad de fertilizante adicionado y cuando o no los rodales fueron raleados siendo únicamente los rodales raleados los que mostraron diferencias significativas a la aplicación de N,

7. Zobel (62) citando a varios autores, encontró que las prácticas silviculturales afectan las propiedades de la madera de *P. radiata*, en particular su gravedad específica de manera que: i) el N causa los cambios más marcados con reducciones entre 3-20% cuando se combina con adiciones de P, ii) la fertilización con N disminuye de manera moderada a severa la gravedad específica al producir traqueidas más cortas,

iii) la fertilización frecuentemente aumenta el porcentaje de madera temprana y a menudo no afecta la madera tardía y iv) la fertilización con raleos aumenta la tasa de crecimiento y puede reducir la gravedad específica tal como menciona,

8. Harris et al. (63) para quienes los efectos de los nutrimentos en suelo en las propiedades de la madera son pequeños, pero al someter estacas clonadas de *P. radiata* a un estrés periódico moderado de humedad, notaron que el tratamiento afectó las propiedades de la madera induciéndose la formación frecuente de anillos angostos falsos, al igual que traqueidas más estrechas en los árboles que crecían bajo dicho estrés. Entre otros, los autores encontraron que el diámetro de la médula fue mayor en los árboles que crecían más rápido (como sucede usualmente en las plantaciones de crecimiento rápido) y que la densidad de la madera, el diámetro de la médula y la longitud de las traqueidas mostraban diferencias consistentes entre clones,

9. Vázquez et al. (65) al estudiar el efecto de las propiedades del suelo sobre la densidad básica de la madera de *P. patula* y *P. ayacahuite* var. *veitchii* en el centro de México verifican una correlación negativa entre esta variable en *P. patula* y la densidad aparente del suelo en el Ejido Ingenio del Rosario, Xico, Veracruz; por lo que se concluye que estas especies pueden establecerse y desarrollarse en sitios con características edáficas distintas sin presentar cambios importantes en la calidad de su madera.

12. Literatura citada

1. Alvarado, A. (2015). Plant nutrition in tropical forestry. In: Pancel L y Köhl M (eds.) Tropical Forestry Handbook. Volume 2. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 1113-1202.
2. Goldammer, J. G. (2015). Fire management in tropical forests. In: Tropical Forestry Handbook, L. Pancel, M. Köhl (eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 1-42.
3. Waterloo, MJ. (1994). Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forests on former grassland soils in southwest Viti Lavu, Fiji. Tesis de Doctorado. Universidad Vrije de Amsterdam FEBODRUK B.V., Enschede, Holanda. 420 p.
4. Simpson, JA. (1998). Site specific fertiliser requirements of tropical pine plantations. In: Schulte A, Ruhayat D. (eds.) Soils of Tropical Forest Ecosystems. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 115-124.
5. Van Zonneveld, M., Jarvis, A., Dvorak, W., Lema, G., & Leibing, C. (2009). Climate change impact predictions on *Pinus patula* and *Pinus tecunumanii* populations in Mexico and Central America. *Forest Ecology and Management* 257:1566–1576.
6. Breckle, SW., Breckle, U., Homeier, J., & Scheffer, A. (2005). Mineral deficiencies in a pine plantation in southern Ecuador. *Ecotropica* 11:79-85.
7. Awan, AB., Horsten, F., Frías, G., & Ancízar, FA. (1974). Los efectos de la subsolación sobre las características de los suelos forestales en Cuba. *Baracoa* 4(1-2):54-63.
8. Hernández, D., Acosta, R., & Ancízar, A. (1976). Desarrollo del *Pinus caribaea* var. *caribaea* plantado en diferentes preparaciones profundas del suelo. *Baracoa* 6(1-2):14-22.
9. Zeaser, D., Jadan, S., & Posso, G. (1988). Zonificación de especies forestales en la región interandina del Ecuador. Dirección Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura/Agencia Desarrollo Internacional. Quito, Ecuador. 105 p.
10. Jokela, EK. (2004). Nutrient management of southern pines. In: Dickens ED, Barnett JP, Hubbard WG, Jokela EJ (eds). Slash pine: still growing and growing. Proceedings of the slash pine symposium. Gen. Tech. Rep. SRS-76. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 148 p.

11. Davey, CB. (1995). Crecimiento de los árboles y los elementos nutrientes esenciales. In: Memorias del Seminario Técnico sobre Fertilización Forestal realizado en Santiago, Veraguas, Panamá. CATIE/INRENARE. pp. 65-76.
12. Corrêa, GF. & Bellote, A. F. (2011). Soil attributes and biomass yield from *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. CERNE 7(2):181-187.
13. Reissmann, CB., & Wisniewski, C. (2005). Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: Gonçalves J, Beenedetti V.(eds.) Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba. pp. 135-166.
14. Jokela, EJ., & Long, A. J. (2012). Using soils to guide fertilizer recommendations for southern pines. University of Florida. IFAS Extension. Circular 1230. 12 p.
15. Donald, D. G., Lange, P. W., Schutz, C. J., & Morris, A. R. (1987). The application of fertilizers to pines in South Africa. South Africa Forestry Journal 141:53-62.
16. Simpson, J. A., & Osborne, D. O. (1993). Relative fertilizer requirements and foliar nutrient levels of young slash pine, Honduras Caribbean pine and the hybrid in Queensland. Commonwealth Forestry Review 72(2):105-113.
17. Pritchett, W. L., & Smith, W. H. (1972). Fertilizer responses in young pine plantations. Soil Science Society of America Journal 36(4):660-663.
18. Bizon, J. M. C. (2005). Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantios de *Pinus taeda* L. usando um balanço de entrada-salida de nutrientes. Tesis de Maestría en Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz. Piracicaba, Brasil. 95 p.
19. Saarsalmi, A., Tamminen, P., & Kukkola, M. (2014). Effects of long-term fertilisation on soil properties in Scots pine and Norway spruce stands. Silva Fennica 48(1):1-19.
20. Carlson, CA. (2001). A summary of the literature concerning the fertilization of pine at planting in the summer rainfall region of South Africa and some current thoughts on fertilizer recommendations. South Africa Institute for Commercial Forestry Research (ICFR) Bulletin No. 3. 28 p.
21. Bailly, C., Ramanantsoavina, G., Coignac, G. B., Rakotomanampison, A., & Malvos, C. (1974). Fertilisation des plantations de pins a Madagascar. Bois et Forêts des Tropiques 158:13-32.
22. Saur, E. (1990). Mise au point bibliographique, au sujet de la nutrition oligo-minérale des plantes supérieures. Carences et toxicités chez les conifères. Annales des Sciences Forestières 47:367-389.
23. Will, G. M. (1972). Copper deficiency in radiate pine plantations on sands at Mangawhai forest. New Zealand Journal Forest Science 2(2):217-221.
24. Ladrach, W. E. (1980). Respuesta al crecimiento de algunos árboles con la aplicación de fósforo, nitrógeno y boro al momento de la plantación en el Cauca y en El Valle. Cartón de Colombia, S.A., Cali. 17 p. Informe de Investigación, No. 59.
25. Rojas, F. E. (1984). Análisis de crecimiento de plántulas de diez especies del genero *Pinus* bajo tres condiciones edáficas y dos regímenes de humedad. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 98 p.
26. Herrera, B. (2003). La calidad de sitio: importancia y métodos para su evaluación (revisión de literatura). Documento de estudio. Curso Ecología Forestal. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. s.p. (mimeografiado).
27. Idris el Z. A., Osman el M. H. (2014). The effect of coniferous plantations (*Cupressus lusitanica*, *Pinus radiata* and *Pinus patula*)

- on the soils of Jebel Marra. *Journal of Forest Products and Industries* 3(3):167-169.
28. Dvorak, W. S. (2012). Water use in plantations of eucalypts and pines: a discussion paper from a tree breeding perspective. *International Forestry Review* 14(1):110-119.
29. Egunjobi, J. K., Bada, S. O. (1979). Biomass and nutrient distribution in stands of *Pinus caribaea* L. in the dry forest zone of Nigeria. *Biotropica* 11(2):130-135.
30. Bruijnzeel, L. A. (1983). Hydrological and biogeochemical aspects of man-made forests in south central Java, Indonesia. Tesis de Doctorado. Universidad Vrije de Amsterdam, Institute of Earth Sciences, Amsterdam, Holanda. 249 p.
31. Miller, H. G. (1995). The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. *Plant and Soil* 168-169:225-232.
32. Gholz, H. L., Perry, C. S., Cropper, W. P., & Hendry, L. C. (1985). Litterfall, decomposition, and nitrogen and phosphorus dynamics in a chronosequence of slash pine (*Pinus elliottii*) plantations. *Forest Science* 31(2): 463-478.
33. Saarsalmi, A., Kukkola, M., Moilanen, M., & Arola, M. (2006). Long-term effects of ash and N fertilization on stand growth, tree nutrient status and soil chemistry in a Scots pine stand. *Forest Ecology and Management* 235(1-3):116-128.
34. Zelaya, V. N., & Guillén, I. (2002). Efectos de las quemadas prescritas en las propiedades físico-químicas del suelo, a diferentes intensidades calóricas en bosque de coníferas. *Tatascan* 14(1):73-81.
35. Switzer, G. L., & Nelson, L. E. (1972). Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation ecosystems: the first twenty years. *Soil Science Society of America Journal* 36(1):143-147.
36. Lilienfein, J., Wilcke, W., Ayarza, M. A., Vilela, L., Lima, S. C., & Zech, W. (2000). Soil acidification in *Pinus caribaea* forests on Brazilian savannah Oxisols. *Forest Ecology and Management* 128:145-157.
37. Cannon, P. G. (1981). Fertilización de plantaciones con NPK, calfos y bórax: resultados al final de cuatro años. Cartón de Colombia, S.A., Cali. 10 p. Informe de Investigación, No. 68.
38. Ramírez, J. A., Zapata, C. L., León, J. D., & González, M. I. (2007). Caída de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques montanos andinos de Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Interciencia* 32(5):303-331.
39. León, J. D., González, M. I., & Gallardo, J. F. (2009). Retranslocación y eficiencia en el uso de nutrimentos en bosques del centro de Antioquia. *Colombia Forestal* 12:119-140.
40. León, J. D., González, M. I., & Gallardo, J. F. (2011). Ciclos biogeoquímicos en bosques naturales y plantaciones de coníferas en ecosistemas de alta montaña de Colombia. *Revista BiologíaTropical* 59(4):1883-1894.
41. Brunck, F. (1987). Tropical forest species. In: P. Martin-Prével, J. Gagnard, P. Gautier (eds.) *Plant analysis as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops*. N.Y., USA. Lavoisier Publishing. pp. 479-486.
42. Driessche, R. (1974). Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. *The Botanical Review* 40(3):247-394.
43. Bevege, D. I., & Richards, B. M. (1971). Principle and practice of foliar analysis as a basis for crop-logging in pine plantations. II Determination of critical phosphorous levels. *Plant and Soil* 37(1):159-168.
44. Richards, B. N, Bevege, D. I. (1972). Principles and practice of foliar analysis as a basis for crop-logging in pine plantations. 1.

- Basis considerations. *Plant and Soil* 36:109-119.
45. Knight, P. J. (1978). Foliar concentrations of ten mineral nutrients in nine *Pinus radiata* clones during a 15-month period. *New Zealand Journal of Forestry Science* 8(3):351-368.
46. Will, G. M. (1985). Nutrient deficiencies and fertilizer use in New Zealand exotic forests. Forest Research Institute, New Research Institute, New Zealand Forest Service Private BAG, Rotorua, New Zealand. FRI Bulletin No. 97. 53 p.
47. Vidal, I., Ferrada, R., & Riquelme, E. (1984). Evolución estacional de nutrimentos en *Pinus radiata* D. Don en Chile. *Turrialba* 34(3):261-266.
48. Hernández, R., & Lombardo, C. (1987). Deficiencias de macronutrientes en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet. *Barr. y Golf. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida.* 109 p.
49. Schlatter, J. E. (1987). La fertilidad del suelo y el desarrollo de *Pinus radiata* D. DON. *Bosque*: 8(1): 13-19.
50. Turnbull, I. M. (1938). The influence of age on summerwood ratio in pine timber. *Journal of the South African Forestry Association* 1:53-59.
51. Trichet, P., Bakker, M. R., Augusto, L., Alazard, P., Merzeau, D., & Saur, E. (2009). Fifty years of fertilization experiments on *Pinus pinaster* in southwest France: the importance of phosphorus as a fertilizer. *Forest Science* 55(5):390-402.
52. Odiwe, A. I. (2009). Effects of late rotation fertilization and nutrient cycling on pine plantation productivity in the Mpumalanga Province of South Africa. Doctor of Philosophy of Science Thesis. School of Animal, Plant and Environmental Sciences, Faculty of Science, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa. 220p.
53. Urrego, J. B. (1996). La reforestación con coníferas y sus efectos sobre la acidificación, podsolización y pérdida de fertilidad de los suelos. Cartón de Colombia, S.A., Cali. 14 p. Informe de Investigación, No. 171.
54. Fernández, R. A., Lupi, A. M., Pezutti, R., Martiarena, R. A, Pahr, N., & Von Wallis, A. (2012). Respuesta del crecimiento de *Pinus taeda* y *Pinus elliotti* a los 10 años de edad a técnicas de establecimiento en suelos hidromórficos del noreste de Argentina. In. 15as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNAM - EEA Montecarlo, INTA, Misiones, Argentina.
55. Wilcke, W., Lilienfein, J. (2002). Biogeochemical consequences of the transformation of native Cerrado into *Pinus caribaea* plantations in Brasil. *Plant and Soil* 238:175-189.
56. Sánchez, O., González, M., & Figueroa, C. (2010). Influencia del manejo de la diversidad florística nativa en los procesos de acidificación de los suelos de las alturas de pizarras. *Baracoa* 29(1):49-58.
57. Fox, T. R. (2000). Sustained productivity in intensively managed forest plantations. *Forest Ecology and Management* 138 (1-3):187-202.
58. Littke, K. M., & Zabowski, D. (2007). Influence of calcium fertilization on Douglas-fir foliar nutrition, soil nutrient availability, and sinuosity in coastal Washington. *Forest Ecology and Management* 247:140-148.
59. Vega, L. (1964). Efecto de las micorrizas en el crecimiento inicial de coníferas tropicales. *Turrialba* 14:151-155.
60. Williams RF, Hamilton JR. 1961. The effect of fertilization on four wood properties of slash pine. *Journal of Forestry* 59(9):662-665.
61. Van Lear, D. H., Saucier, J. R., & Goebel, N. B. (1973). Growth and wood properties of loblolly pine on a piedmont subsoil as influenced by early fertilization. *Soil Science Society of America Journal* 37(5):778-781.

-
62. Zobel, B. J. (1992). Silvicultural effects on wood properties. *IPEF International* 2:31-38.
63. Harris, J. M., McConchie, D. L., & Povey, W. A. (1978). Wood properties of clonal radiata pine grown in soils with different levels of available nitrogen, phosphorus and water. *New Zealand Journal of Forestry Science* 8(3):417-430.
64. Antony, F., Schimleck, L. R., Daniels, R. F., & Clark, A. (2011). Effect of fertilization on growth and wood properties of thinned and unthinned midrotation loblolly pine (*Pinus taeda* L.) stands. *Southern Journal of Applied Forestry* 35(3):142-147.
65. Vázquez, O. E., Zamora, E. M., García, E., & Ramírez, J. A. (2015). Densidad básica de la madera de dos pinos y su relación con propiedades edáficas. *Madera y Bosques* 21(1):129-138.

VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECO SISTÉMICOS DE LOS BOSQUES.

(Valuation of the ecosystem services from forests)

C. E. Reiche Caal*

Consultor Independiente en Economía Forestal, Recursos Naturales y Desarrollo Rural

**Correspondencia. E-mail: reiche.caen@gmail.com (C. E. Reiche Caal)*

RESUMEN

Los bosques son parte integral de los ecosistemas y proveen múltiples servicios o beneficios directos e indirectos a las personas, a la sociedad en general y, mismo ecosistema. Las funciones tangibles e intangibles que generan son también “funciones económicas” porque contribuyen directa e indirectamente al bienestar de la humanidad. La valoración económica de los bosques contribuye a orientar la toma de decisiones sobre protección, uso, manejo o conservación sostenible de los mismos; sin embargo, persisten imperfecciones para entender y utilizar las metodologías para valorar económicamente los intangibles que genera. Frente a la reducción y a la degradación de los múltiples servicios que proveen los bosques se requiere definir y ejecutar políticas y estrategias que contribuyan a preservar, regular y a utilizar sostenidamente estos recursos. La economía ecológica y ambiental contribuye en identificar, cuantificar y valorar económicamente los intangibles y las externalidades (beneficios o daños) y la internalización apropiada por parte de actores, programas y proyectos. Para la valoración la ciencia económica utiliza diferentes metodologías apropiadas y los resultados se utilizan para la toma de decisiones, especialmente para que el productor o el consumidor de estos servicios eco sistémicos hagan un manejo sostenido de los mismos y reciban beneficios.

Palabras claves: ecosistemas, valoración, economía, intangibles, métodos, políticas.

Forests are an integral part of ecosystems and provide direct and indirect services or benefits to

ABSTRACT

people, society and for the same ecosystem. The tangible and intangible functions generated are also an “economic functions” because of the direct and indirect contribution to the humanity welfare. The economic valuation of forests contributes to guide the decision for protection, use, conservation and the sustainable management; however, imperfections to understand and to use an appropriate methodology to economically value the intangibles of forest persist. Faced with the reductions and degradations of the multiple services provided by forests, it is necessary to define and to execute policies and strategies to preserve, regulate and sustainably use these resources. The ecological and environmental economy contributes to identify, quantify and economically valuing the intangibles and externalities (benefits or damages) and the appropriate internalization by actors, programs and projects. For the assessment, economic science uses different appropriate methodologies and the results are used for decision making, especially for the producer or consumer of these ecosystem services and for the sustainable management.

Key words: ecosystems, valuation, economics, intangibles, methods, policies.

1. Introducción

Las personas y la sociedad generalmente consideran que los bosques son simplemente un conjunto de árboles que proveen recursos maderables, aire puro, sombra y paisaje; sin embargo, un enfoque y un análisis con mayor profundidad determina que los diferentes tipos de bosque forman parte integral de los ecosistemas y, que estos, desempeñan múltiples funciones y proveen servicios tangibles e intangibles a las personas, a la sociedad y al mismo ecosistema. Entre otros, los bosques contribuyen a la estabilización de los suelos y del clima, a la regulación de los flujos de agua, a la fijación de carbono, a la protección de los hábitats, a proveer madera, recursos, dendroenergéticos, frutos, látex, aceites, fibras, miel, áreas para ecoturismo, la protección de cuencas hidrográficas, la conservación, resiliencia de la biodiversidad y otros servicios ambientales.

En las etapas iniciales del desarrollo de la humanidad los bosques fueron bienes libres, abundantes y fuente para obtener madera y otros recursos a bajo o ningún precio; además, en muchas ocasiones, los bosques fueron obstáculos para el establecimiento y la expansión agropecuaria, de comunidades, ciudades, caminos, minería, agricultura de subsistencia y otras actividades. Por lo tanto, muchos bosques fueron eliminados (corta, tumba, quema y otros), generando beneficios, pero también provocando efectos e impactos a la humanidad. Es decir, se generó el fenómeno de la “tragedia de los comunes” (1).

Así, la tierra y sus recursos presentan una larga historia de la eliminación y conversión de los bosques para otros usos de la tierra. El estudio de la evaluación de los recursos forestales mundiales (2) indica que en los últimos 5000 años la superficie forestal mundial disminuyó unos 1 800 millones de hectáreas y que esto significó una reducción aproximada del 50 % de la superficie forestal. Para el Siglo XXI, el mismo estudio (2), revela que en el período 1990-2015 la superficie forestal mundial

se redujo 129 millones de hectáreas (un 3,1 %) hasta quedar por debajo de los 4 000 millones de hectáreas.

En la región tropical, la pérdida anual neta de superficie forestal entre los años 2000 y 2010 fue, aproximadamente, de 7 millones de hectáreas con variaciones significativas por regiones (América Central y del Sur, África subsahariana y Asia meridional y sudoriental). En Europa, América del Norte y Asia Nororiental se produjo aumentos netos de tierras forestales y pérdidas netas de terrenos agrícolas. Los factores que contribuyeron a aumentar la superficie forestal fueron la reducción de la presión sobre los bosques como resultado del crecimiento económico, el descenso de las poblaciones rurales, la mejora de la productividad agrícola y la ejecución de políticas destinadas a ampliar la superficie forestal (2).

Hay instituciones nacionales e internacionales, científicos y especialistas en bosques, recursos naturales y ecosistemas que han identificado, estudiado la composición y contribución natural de las especies y los ecosistemas que proveen servicios a la sociedad y a los ecosistemas mismos y han identificado los problemas, el deterioro y los impactos que generan la eliminación y desaparición de los mismos; sin embargo, en el tema de la valoración económica de los bosques y de los servicios tangibles e intangibles para la toma de decisiones, hay pocos estudios (3,4,5,6).

La adecuada valoración económica de los recursos naturales y la definición precisa de políticas, reglas efectivas de acceso, uso y conservación de los ecosistemas de los bosques son parte de las estrategias para revertir la tendencia. La inclusión de los elementos indicados para guiar la toma de decisiones apropiadas por parte de los gobiernos, autoridades, organizaciones locales y el sector privado, entre otros, requiere de un acompañamiento de metodologías y herramientas económicas para hacer una valoración integral de los servicios tangibles e intangibles del bosque (7).

2. Servicios tangibles e intangibles de los bosques

Los bosques son parte de los ecosistemas; es decir, son unidades o recursos naturales integrados por diferentes tipos de hábitats (agua, suelo, flora, biodiversidad y otros). Un bosque es parte del entorno natural y presta múltiples servicios o beneficios directos e indirectos a las personas, a la sociedad en general y al ecosistema mismo.

No existe un método único o estándar para clasificar y para categorizar a los servicios ecosistémicos. Con base en la “Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM)” el presente documento focalizó, identificó y clasificó los diferentes tipos de servicios tangibles e intangibles ecosistémicos que proporcionan los bosques. Es decir, se tomó como base en las cuatro grandes categorías propuestas por la citada evaluación (8).

- servicios de aprovisionamiento
- Servicios de regulación
- Servicios culturales
- Servicios de apoyo a los servicios.

3. Valoración económica de los intangibles del bosque

Las funciones tangibles e intangibles de los bosques también son “funciones económicas” porque todas ellas contribuyen directa, o indirectamente, al bienestar de la humanidad. El valor total de los bosques es un tema de importancia para orientar la toma de decisiones vinculadas con la protección, el uso, el manejo o la conservación de los mismos; sin embargo, aún persisten imperfecciones para entender cuál es el valor total de las funciones económicas del bosque. Aunque hay conocimientos sobre las funciones generales del bosque, hay imperfecciones cuando se trata de determinar los valores intangibles. Generalmente, se valora e incluyen solamente los valores económicos directos como el valor de productos maderables,

el valor del área agropecuaria u otros valores tangibles; sin embargo, no se incluyen los valores intangibles o indirectos como el valor de los servicios ecosistémicos y ambientales de los bosques. Por lo tanto, las acciones y políticas que se generan son parciales y no cubren los intangibles de los bosques.

La valoración económica de los intangibles del bosque aparece porque la ciencia económica enfrenta, cada vez más, el fenómeno de la reducción, la escasez y la aparición de externalidades (costos o beneficios) que provocan los procesos de uso intensivo no controlado y la eliminación o deterioro de los ecosistemas y en este caso de los bosques. Es decir, las personas individuales, grupos, empresas u otros actores que utilizan o eliminan los bosques, por una parte, reciben beneficios económicos, pero por otra, generan y provocan externalidades, que significan imponer costos a la sociedad y al ambiente en general. Es decir, los que se benefician del recurso bosque no retribuyen económicamente a la sociedad ni a los mismos ecosistemas lo que realmente les correspondería por hacer uso, contaminar, degradar o eliminarlos.

Frente a la reducción y a la degradación de los múltiples servicios que proveen los bosques se requiere definir e incorporar políticas y estrategias que contribuyan a preservar, regular y utilizar sostenidamente estos recursos. La ciencia económica y, específicamente la economía ecológica y ambiental, están orientadas a contribuir, identificar, cuantificar y valorar económicamente los intangibles y las externalidades (beneficios o daños) y la internalización dentro de los componentes de las actividades que se ejecutan o como actividades claves dentro de los proyectos de desarrollo sustentable. Así, la economía busca contribuir a que el productor o el consumidor de estos servicios ecosistémicos hagan un manejo sostenido de los mismos y que reciban compensaciones cuando hay un buen manejo o que paguen por el uso y el deterioro.

La importancia de valorar económicamente los bosques está en función de conocer si una determinada actividad o proyecto de desarrollo está realmente conservando o provocando más daño a los ecosistemas, al ambiente en general y a la sociedad y, además, determinar el valor económico (directo o indirecto) de los beneficios o daños. Con base en estos resultados es posible identificar y proponer diferentes políticas y estrategias para la asignación, uso y manejo sostenible de los bosques.

Para efectuar la valoración económica de los servicios intangibles la ciencia económica enfrenta el problema de lo que se denomina “fallas de mercado”. Esto consiste en que la mayoría de los bienes y servicios intangibles de los bosques no son transables como mercancías y, por lo tanto, el concepto de mercado (oferta, demanda, precios y otros factores) no funciona para valorarlos y para contribuir a una asignación óptima de estos bienes y servicios. Así, cuando no hay un mercado (oferta y demanda) de los intangibles del bosque los planificadores y los decisores carecen de información básica para la toma de decisiones que permitan una asignación eficiente para el uso y manejo, pero con criterios de sustentabilidad. Ante este tipo de situaciones la tarea de la economía radica en proporcionar metodologías y herramientas que permitan hacer valoraciones económicas directas o indirectas de los bienes y servicios intangibles de los bosques y de los ecosistemas.

3. Valor económico total (VET), costos evitados y costos inducidos.

El Valor Económico Total del bosque o de un recurso natural y sus servicios ecosistémico está integrado por dos categorías: 1) el Valor de Uso y 2) el Valor de No Uso (9, 10). Estos dos valores consideran una valoración que se inicia con los bienes y servicios tangibles hasta los intangibles. La primera categoría está integrada por el Valor de Uso Directo y por el Valor de Uso Indirecto. La segunda categoría está integrada por el Valor de

Opción y el Valor de existencia. En la (Figura 1) se presenta la vinculación y correspondencia entre los componentes y los métodos de valoración económica que se utilizan.

Los valores de uso se refieren a los valores económicos de los productos tangibles y de las funciones y servicios que generan los ecosistemas y que son utilizados para uso y consumo y para fines de protección, mantenimiento y otros usos.

El valor de uso directo se refiere a los bienes y a los servicios del ecosistema que son utilizados de manera directa por los seres humanos. Es decir, se usan para obtener agua, producir alimentos, madera, leña, ornamentales, medicina o como materiales para la construcción y otros. Además, hay ecosistemas que se consumen como espacios recreativos y para turismo de naturaleza. Estos bienes generalmente tienen un mercado y la valoración económica se facilita mediante el uso de los procedimientos del análisis Costo/Beneficio.

En general, los valores económicos de uso directo de los bienes y servicios ecosistémicos son los más fáciles de medir porque se facilita identificar y cuantificar las cantidades de productos extraídos y los precios a los que se cotizan o venden en un mercado como mercancías. En el caso de la recreación (servicio no transable como mercancía) la valoración económica se facilita mediante la metodología y herramientas del costo de viaje. Es decir, la valoración económica en función del número de personas y de los costos que incurren al trasladarse para visitar un espacio natural y en el que se desarrollan actividades de recreación o turismo de naturaleza.

La valoración económica de los beneficios que perciben los visitantes es más compleja y, por lo tanto, se requiere utilizar el método de valoración “disposición a pagar” por conservar y para mantener un servicio ambiental (turismo y recreación) que provee el ecosistema o área natural de recreación.

Se aclara que cuando se indica que son bienes y servicios para consumo el ecosistema es utilizado mediante un proceso de extracción, uso o consumo por una persona o por un conjunto de actores. La categoría de uso para recreación y turismo no implica la reducción o eliminación del recurso natural. En la práctica, son las personas (turismo) quienes mediante visitas (costo de viaje) asignan un mayor o menor valor de uso directo a los servicios de belleza o amenidades naturales de un sitio.

Valores de uso indirecto. Esta categoría está vinculada con servicios naturales o de soporte eco sistémico. Se pueden considerar como requisitos naturales o insumos intermedios para la producción de bienes y servicios finales. En la (Tabla 1) se identifican servicios como proveer agua filtrada natural a personas y comunidades ubicadas en las diferentes cuencas y subcuencas; la función dar protección y la retención de sedimentos frente a lluvias, deslaves e inundaciones, la fijación de carbono y, en general la protección del sistema cuenca hidrográfica.

La valoración de los usos indirectos es más compleja porque implica asignar o determinar un valor económico a las cantidades de servicio que provee un ecosistema. Además, se dificulta medir la cantidad de servicio que genera y su valor económico. Por ejemplo, cual es la cantidad de carbono almacenado en la biomasa o en el suelo de una cuenca hidrográfica en particular y su valor económico.

Los valores económicos de Uso Indirecto y los valores económicos de opción pueden calcularse a través de los métodos de costos evitados o inducidos y el método de valoración contingente.

Valores de no uso. Esta categoría tiene dos sub categorías: el valor de opción y el valor de existencia.

La estimación del valor económico de “No Uso” de un servicio eco sistémico es una tarea compleja porque es un recurso y servicio que está ubicado en un sitio y no está vinculado con el uso o con

el comportamiento de las personas. Esto dificulta e imposibilita obtener cuáles son las preferencias reveladas de mercado hacia ese recurso. Para resolver el problema, se utilizar el procedimiento de encontrar cuál es la “disposición a pagar” por las personas para mantener o para conservar el ecosistema analizado. El método de valoración requiere diseñar y conducir una encuesta dirigida a diferentes estratos de población. Sin embargo, en la práctica se ha observado sesgos (diferencia en la valoración que asignen), debido a al nivel de educación y al nivel de ingresos de los encuestados.

El concepto de valor de opción. Se refiere al valor económico que una persona o un conjunto de personas asigna por el bienestar que experimentan por preservar y asegurar que estos ecosistemas tengan la oportunidad y el potencial para que las generaciones presentes puedan utilizarlos (valores de opción) o que las generaciones futuras puedan disponer de estos ecosistemas como un valor de legado.

Valor de existencia. Significa el valor que la o las personas conceden simplemente por la satisfacción de asegurar la conservación de especies y de ecosistemas. En esta categoría se incluyen la biodiversidad, la flora y la fauna dentro de un área protegida o dentro de un sistema de cuenca hidrográfica. Por ejemplo, ¿cuál sería el valor de económico de un ecosistema pantano?, ¿Cuál es el valor de un reptil venenoso u otro?

El valor de existencia está basado en valores de herencia y de su potencial para conservar ecosistema en su conjunto; es decir, la biodiversidad (especies, flora, fauna y otros) para dejarlo como herencia o como recurso natural conservado y limpio. Sin embargo, hay que tomar en consideración que las funciones de la naturaleza son complejas y que esta característica dificulta obtener estimaciones económicas confiables. Por ejemplo, los árboles ejercen múltiples funciones como la fijación de carbono, el ciclado de nutrientes, la regulación de sistemas hidrológicos y del clima.

4. Métodos de valoración económica

Los métodos de valoración económica de impactos ambientales están clasificados en métodos que utilizan precios de Mercado; precios subrogados y evaluaciones hipotéticas (3,11).

4.1 Métodos de valoración económica que utilizan precios de mercado

Los métodos de valoración económica que utilizan precios de mercado son los más conocidos y utilizados.

- Análisis costo beneficio (financiero y económico)

La mayoría de bienes y servicios producidos, por ejemplo, productos de plantaciones forestales o de sistemas agroforestales son comercializados como mercancías (madera, leña, frutos, semillas, productos agrícolas y otros) a nivel local, nacional o internacional. Así, los precios de mercado de los productos y los costos de producción son utilizados para construir un flujo de costos e ingresos. Mediante esta información se analiza cuál de las alternativas generan mayores ingresos netos o ganancias en un período de tiempo determinado. En estos casos, los precios generalmente se obtienen del mercado donde hay interacción entre los consumidores y productores (demanda y oferta). En general el análisis permite estimar indicadores financieros como la tasa interna de retorno, el valor actualizado neto, la relación beneficio/costo.

El análisis financiero se hace en función de una empresa privada (pago o no paga una inversión), en cambio el análisis económico se basa en la óptica pública (beneficios para distintos actores de la sociedad). Esto implica que los costos y los beneficios financieros tengan que ajustarse a precios sociales, costos de oportunidad e inclusión de valores intangibles. De la agregación de los costos y beneficios ajustados a precios sociales o económicos surge el Análisis Costo-Beneficio económico (12).

- Método de “cambio de productividad”

El principio básico de este método consiste en medir, por comparación, dos sistemas u opciones de producción forestal o agroforestal. Un sistema base se mide considerando el nivel de producción actual. En este caso, sería la opción “sin” y la otra opción sería “con” el sistema forestal o agroforestal propuesto. El objetivo es determinar cuál es la diferencia entre la producción actual versus la producción potencial con una nueva opción. La diferencia estaría en función de la cantidad de producción y que estas puedan valorarse económicamente si se conoce el precio de los productos. Por ejemplo, el aporte de producción logrado con el uso de un nivel fertilizantes se traduce en mayor productividad y, en comparación con el no uso del fertilizante se expresa en la diferencia de del valor económico de ambos sistemas, utilizando el precio de mercado y los costos de producción de ambos sistemas. En ambos casos, se utiliza un flujo (en un tiempo determinado) de los costos y beneficios para el cálculo de indicadores financieros. También, estos sistemas generan servicios ambientales con mayor dificultad para ser valorados económicamente. Por ejemplo, cuando se establece un sistema agroforestal se ha comprobado hay sistemas que generan un mayor aporte de fertilidad en el suelo y, por lo tanto, hay una reducción en la compra de fertilizantes químicos. Económicamente, es posible valorar el aporte de este Servicio mediante otros métodos que en este documento se presentan (12).

- Método de “la pérdida de ingresos”.

Es un procedimiento para determinar en qué medida la calidad del ecosistema o del ambiente tiene un efecto medible sobre la salud humana y, por lo tanto, en la capacidad de trabajar o no trabajar y dejar de obtener ingresos. Con este método, el valor económico de la pérdida del tiempo laboral de las personas afectadas por un factor o causa ambiental puede ser estimado con base en los días no trabajados, los gastos médicos incurridos, los días en cama y los costos del tratamiento de las personas afectadas.

El método se usa para la valoración y análisis económico de casos del costo de contaminación del aire, del agua, de la insalubridad de viviendas o condiciones laborales inseguras. Por ejemplo (3), IICA/GTZ refiere que en El Salvador durante los años 1987-1990 se daba una intoxicación promedio por pesticidas de alrededor de 1522 personas/año; es decir, una incapacidad mínima de 3 días/ persona y una pérdida de ingresos por día equivalentes a US\$15/persona. Así, anualmente había una pérdida de ingresos de alrededor de US\$68,490. Este resultado significaría el valor o pérdida de productividad por efecto de la contaminación ambiental por pesticidas.

- Método de “gastos preventivos o defensivos”.

El objetivo del método consiste en evaluar y determinar el valor económico del efecto de un factor ambiental (ruido, contaminación del aire, degradación o sequía de suelos, desaparición de la biodiversidad, calentamiento de la tierra y otros). Lo que se trata es estimar el monto de inversión que se necesitaría para prevenir o defenderse de los efectos negativos bajo análisis. Por ejemplo, si se trata de establecer el valor económico para prevenir la erosión de suelos, mediante el establecimiento de sistemas forestales o agroforestales, será necesario conocer los costos de establecimiento y manejo por unidad de área. Con base en esta información será posible conocer los montos de inversión que se necesitan para prevenir la erosión y que afectan a una localidad. Se aclara que previamente deberá considerarse la efectividad técnica de la medida de control a analizar (12).

- Método de costos de reposición.

Se usa en aquellos casos en que es posible reponer el servicio ecosistémico afectado o deteriorado, aunque su reposición no implique reproducirlo con exactitud. Por ejemplo, el avance de la frontera agrícola provoca la eliminación de bosques nativos, los cuales proveen bienes y servicios

tangibles e intangibles. El valor económico de los bienes tangibles eliminados es posible cuantificarlos y valorarlos económicamente mediante el precio de mercado de esos productos. Sin embargo, los servicios intangibles y la función ecológica que estos proveían quedan excluidos de la valoración económica. Mediante la estimación de los costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones con especies nativas es posible obtener una aproximación del “costo de reposición”. En sí, el método no es exacto, pero proporciona una aproximación del costo o de la pérdida de estos ecosistemas.

- Método de “Proyecto sombra”

El método trata de valorar los efectos negativos ambientales generados por un proyecto o por una actividad de producción específica que ambientalmente repercute sobre la persona y sobre la sociedad en general. El método supone que es posible compensar económicamente el daño causado y reemplazar los servicios ambientales, aunque la acción se haga fuera de los límites territoriales del país que provocó la contaminación. Un ejemplo citado por el Proyecto IICA-GTZ (3) refiere que una corporación en Estados Unidos desarrolló proyectos de cogeneración eléctrica. En los procesos utiliza carbón, el cual emite 15.5 millones de toneladas de dióxido de carbono, durante 40 años de vida útil del proyecto. Para compensar el daño ambiental a la sociedad se optó por promover y financiar, fuera de Estados Unidos, específicamente en Guatemala el establecimiento de plantaciones forestales y agroforestales equivalentes a 52 millones de árboles (un proyecto sombra). Estos árboles estarían en capacidad para compensar estas emisiones y actuar como sumidero de CO₂. El costo total del proyecto fue de US\$14.5 millones, el plazo de ejecución de 10 años y el citado monto es el valor económico del servicio ambiental para que las plantaciones actúen como sumidero para capturar el CO₂.

4.2. Métodos de valoración económica que utilizan precios por sustitución o valores por delegación

- Método del valor de la propiedad

Es un procedimiento conocido también como método hedónico. El método considera que, aparte de las características físicas, estructurales y químicas de una propiedad (vivienda, edificio o terreno agrícola o forestal), hay factores ambientales como el ruido, la contaminación, el polvo, la erosión de suelos, otros y factores sociales (tipo de vecindario, establecimientos comerciales, bares, discotecas y otros) que provocan aumentos o disminuciones en el valor económico de los inmuebles urbanos y rurales. En general, son aspectos conocidos como factores que generan mayor o menor plusvalía a un sitio o propiedad. Un ejemplo de cómo los aspectos ambientales influían sobre el precio o valor de una finca se daba en el pasado, donde dependiendo del lugar de ubicación de una finca casi siempre se consideraba con mayor precio a las tierras denominadas “limpias” que las tierras que disponían de bosques. Esto mismo se reflejaba en las cuentas nacionales de un país, contabilizándose con mayor valor a las tierras limpias que a las que tienen bosques. Actualmente, tendría un mayor valor económico las propiedades o terrenos con sistemas forestales y agroforestales establecidos que los que no lo tienen y este valor estaría dado por su contribución a producir productos directos así como su función indirecta como base para fines turísticos, generación de agua, fijación de CO₂, aire puro, conservación de suelos y otros.

- Método del diferencial de salarios

El método está relacionado con el riesgo que podría provocarse en la salud de las personas que ejecutan trabajos en lugares donde el nivel de contaminación es peligroso. Este método se le conoce como método hedónico. El valor económico del servicio ambiental se podría medir, por ejemplo, cuando se considera que el salario para ejecutar un trabajo en condiciones

ambientales peligrosas (trabajos en plantaciones donde se usa agroquímicos) debería ser mayor que el salario de una persona que ejecuta el mismo trabajo, pero en mejores condiciones ambientales. En América Latina, muchos de estos valores económicos se distorsionan ante la presencia de mercados imperfectos de mano de obra en donde el desempleo, la oferta estacional de mano de obra, las migraciones, falta de especialización y otros factores inciden en las dificultades para determinar el diferencial de salarios. En el caso de plantaciones o sistemas agroforestales el diferencial de salarios podría utilizarse asignando un mayor valor a la mano de obra donde se utilizan sistemas con mayores riesgos ambientales.

- Método de bienes sustitutos

Para los servicios eco sistémicos que aún no tienen mercado establecido, pero que algunos de sus productos son recolectados directamente y libremente por consumidores. Por ejemplo, leña recolectada libremente en una comunidad con perfil de pobreza. En este caso, el valor económico de este recurso energético puede obtenerse mediante una aproximación del precio de mercado de este recurso o de los bienes y servicios similares (por ejemplo, los precios de la leña vendida en otras áreas) o el valor de la mejor alternativa de un bien sustituto (por ejemplo, carbón vegetal o gas licuado). El valor económico del bien o servicio a evaluar dependerá del grado de similitud o de ser sustituto del bien analizado. Para el caso de sistemas agroforestales un ejemplo sería la cantidad de sombra que proveen los árboles del sistema para el crecimiento y desarrollo de las plantas agrícolas. El valor de esta sombra estaría dado en función del costo y establecimiento de un sustituto de esta sombra como el caso de los materiales y el establecimiento de un sistema de sombra artificial.

- Método del costo de viaje

El método se utiliza para determinar el valor económico de sitios y lugares para recreación y

turismo. En este caso, los sitios o áreas silvestres, parques nacionales, áreas protegidas, santuarios naturales, cavernas, volcanes, agroturismo y otros. El método requiere valorar económicamente un servicio como la recreación y paisaje que no puede transarse como mercancía y que para disfrutarlo es necesario trasladarse desde el punto de origen del turista o persona que disfrutará el servicio, hacia el lugar donde se ubica la amenidad. Mediante un cuestionario específico aplicado a muestras selectivas de visitantes o turistas se determinan los principales costos que se incurren desde un determinado origen hasta llegar al sitio o lugar donde se ubica la amenidad o recreación. En los costos se incluyen los gastos de transporte, las comidas, hospedaje, tarifa de entrada, el costo de oportunidad del tiempo de la persona y otros. El método utiliza una función de demanda para el análisis (13, 11). Es decir, la determinación de la cantidad de personas que visitan el sitio y su valor económico estará dada en función de los componentes del viaje que realiza cada persona y su familia. En este caso, será necesario considerar los costos de viaje, el costo de oportunidad del tiempo que las la o las personas que viajan y de otros factores. Con base en estos factores e información será posible determinar lo que se denomina el "excedente del consumidor" el cual sería el equivalente al valor económico del sitio analizado.

4.3. Métodos de valoración económica que utilizan precios de mercado subrogado o hipotético

Este método consiste en tratar de asignar valores monetarios a los servicios eco sistémico que no tienen la posibilidad de identificar un precio de mercado. Por lo tanto, es necesario identificar, indirectamente, los valores económicos de los servicios eco sistémicos que se está evaluando. En estos casos, se trata de identificar precios subrogados; es decir, precios sustitutos y precios sombra que representen el valor económico del servicio ambiental analizado.

- Método de la valoración contingente (VC)

El método de valoración contingente (VC) es un procedimiento indirecto que sirve para estimar cual es el valor aproximado de los servicios eco sistémicos que carecen de mercado, es decir, que no son mercancías transables, no tiene precio de mercado y se desconoce cuál es la oferta y la demanda de los bienes y servicios (14, 11).

El método fue diseñado para determinar cuáles son las preferencias reveladas de las personas para conservar, mejorar o eliminar un servicio eco sistémico. El objetivo es estimar cual es la disponibilidad a pagar (DAP) de una persona para conservar o mejorar un ecosistema. Es decir, es una manera indirecta para aproximarse al precio estimado de un bien o de un servicio eco sistémico. El método estima: a) el monto o montos de cuál es la disponibilidad a pagar (DAP) por la persona o por un grupo de personas para continuar recibiendo beneficios económicos de mejoras ambientales; b) cuál es la disposición a aceptar compensaciones (DAC) para contribuir a mantener, conservar o mejorar un servicio eco sistémico que sufre daños, eliminación, contaminación producido, por ejemplo, el avance de la frontera agrícola, urbana o por otras acciones. Es una metodología que puede determinar el uso y el no uso de un bien o de un servicio eco sistémico.

Los pasos principales del método de valoración contingente son: a) definir con claridad cuál o cuáles serán los bienes y servicios del ecosistema a valorar (agua, flora, fauna, paisaje, protección ambiental u otros servicios); b) Seleccionar un modelo matemático integrado por las posibles variables y potenciales respuestas provenientes de diferentes estratos de personas ante la pregunta de la DAP: ¿cuánto estaría usted dispuesto a pagar por conservar, eliminar, aumentar o establecer el servicio ambiental analizado? O para el caso de la DAC ¿cuánto estaría usted dispuesto a aceptar como compensación por tolerar un daño ambiental (ruido, contaminación u otro) o por la acción de mantener un servicio o un ecosistema clave en su propiedad o en su entorno?; c) diseñar un cuestionario (encuesta)

con preguntas destinada a determinar la DAP o la DAC y una muestra representativa de población de potenciales personas a entrevistar.

El cuestionario puede diseñarse utilizando un “formato abierto”, es decir, el entrevistador solamente deberá esperar una respuesta a la pregunta formulada, por ejemplo: ¿cuánto pagaría usted por conservar el ecosistema bosque de esta comunidad? El “Formato subasta” es cuando el entrevistador propone una cantidad o cifra previamente planificada y le pregunta al entrevistado si estaría dispuesto a pagar esa cifra o no. Si la respuesta es positiva, se procede a elevar la cantidad predeterminada, y si es negativa, se reduce, hasta que el entrevistado indique su conformidad con una cantidad que él cree es la adecuada y que puede pagar (teóricamente). El “Formato binario o dicotómico” es cuando el entrevistador pregunta, por ejemplo, ¿estaría usted dispuesto a pagar \$25 por conservar el bosque de la comunidad? ¿1) Sí o 2) no?;

Una crítica a este método es la subjetividad de las posibles respuestas del entrevistado porque pueden presentarse sesgos en determinar muestras no representativas; es decir, sesgos en la selección de personas a entrevistar, Además y cuando se usa en comunidades con perfil de pobreza extrema las personas no tienen una expresión objetiva del valor económico de los servicios ambientales ya que son economías donde la prioridad es subsistir y donde la valoración no es revelada adecuadamente por la pobreza prevaleciente.

5. Valoración económica de ecosistemas, distribución de ingresos y políticas

Los resultados de las valoraciones económicas plantean la necesidad de determinar a quién y cómo distribuir los ingresos derivados de los beneficios por conservar y manejar los servicios ecosistémicos. O, quién y cómo deben pagar, internalizar o compensar por el costo de los daños ambientales que se provoquen. Las respuestas implican dilemas o contrastes entre lo ideal y la

realidad. Así, cada país tiene objetivos, necesidades y prioridades (públicas, privadas, de desarrollo y otras); hay personas y grupos involucrados (de ingresos alto, mediano, pobreza), comunidades, empresas privadas, organizaciones, instituciones y otras. Además, hay imperfecciones o fallas de mercado en el uso, manejo y conservación de los recursos naturales, debido a la indefinición de los derechos de propiedad de los recursos de la tierra (agua, suelo, bosque, biodiversidad), recursos sin precio ni mercado; externalidades que se generan (deforestación, erosión actividad maderera); inamovilidad de los recursos; tradición en hacer las cosas; culpar a los sectores rurales y de mayor pobreza o a las grandes empresas de ser las que utilizan, eliminan o que contaminan recursos naturales (agua, suelo, bosque, biodiversidad) y el ambiente en general.

Una política es una orientación o directriz que rige la actuación de una persona o de una entidad en un asunto o campo determinado. En el ámbito privado los principales instrumentos de gestión ambiental están centrados en: a) impuestos; b) subsidios; c) cuotas; d) etiquetado de productos ecológicos; e) exoneraciones, f) pago de licencias o canon por el uso de recursos naturales (agua, suelo, bosque, biodiversidad), g) pago por servicios ambientales (compensaciones). Hay casos, como las empresas mineras que para compensar los daños ambientales que provocan, financian proyectos de desarrollo forestal u otros.

En ámbito del ecodesarrollo o desarrollo sostenible las políticas fomentan procesos participativos y que se logre el objetivo de un equilibrio entre las dimensiones ambientales, económicas y sociales para asegurar el desarrollo sostenible y la calidad de vida para las generaciones presentes y futuras. Hay políticas nacionales (macroeconómicas, sectoriales, específicas y locales) y que cada una de ellas enfoca diferentes objetivos y estrategias. Lo que se pretende es que estas políticas también consideren a las políticas ambientales para contribuir al anhelado desarrollo sostenible y la distribución equitativa de los beneficios y costos generados. Además, internacionalmente

hay políticas regionales e internacionales que apuntan a diferentes temas del desarrollo sostenible. Actualmente, muchas de ellas apuntan a contribuir a resolver los grandes problemas que están generando el cambio climático sobre el planeta y la población.

Una de las políticas es el Pago por Servicios Ambientales (PSA); es decir, es una herramienta para internalizar el valor que poseen y que brindan los servicios ecosistémicos y ambientales. El objetivo es hacer una adecuada valoración de los bienes y servicios ecosistémicos a través de la conservación y asignación eficiente de estos servicios, similares a la que haría un mercado que funciones adecuadamente. En este caso, los ingresos generados por los pagos por los servicios ambientales constituyen un incentivo para quienes manejan, protejan y conservan los ecosistemas y deciden sobre sus usos en el tiempo y, representan una vía estratégica para financiar actividades de control, vigilancia, manejo e incremento de los ecosistemas.

En varios países de Latinoamérica y del Caribe se ejecutan estrategia de PSA. En el estudio Pago por Servicios Ambientales en Áreas Protegidas en América Latina (15) refiere que estas experiencias se ejecutan en 18 países. Los principales ecosistemas donde se focaliza el sistema de PSA están centrado en servicios hidrológicos, captura y fijación de carbón, conservación de la biodiversidad, recreación y belleza escénica, bioprospección y otros. En el caso de recursos hídricos presenta casos para Costa Rica, Ecuador y México que son los que poseen más programas y proyectos en ejecución, seguidos por Nicaragua, Honduras y Colombia (16).

Referencias

1. Hardin, Garret. (2003). The Tragedy of the Commons. In Enthoven. Alain C and A. Myrick Freeman III. Problems of the Modern Economy. Pollution Resources, and Environment. W.W. Norton & Company. INC. 285 p.
2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. (2016). El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma. ISBN 978-92-5-309208-6. FAO. Roma. 137 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5588s.pdf>
3. Agencia Alemana de Cooperación Técnica e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2000). Evaluación y Seguimiento del Impacto Ambiental en Proyectos de Inversión para el Desarrollo Agrícola Rural. Una aproximación al tema. San José. Costa Rica. 268 p.
4. Bishop, J. T. (1999). Valuing forests: A review of methods and applications in developing countries. Londres, Programa de Economía Ambiental, Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo. 56 p.
5. Byron, M. M., Alejandrina, H., Kenny, L. B. (2014). Evaluación socioeconómica y ambiental de tres tipos de sistemas agroforestales en el Trópico Seco Nicaragüense. Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano. Nº 11 | Año 3. Pág 13-26.
6. Carranz, C. F. et.al. (1996). Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica. Preparado por ODA-MINAE. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 71 p.
7. Jager, M. et.al. (2001). Valoración económica de los bosques revisión, evaluación, propuestas. Informe Final de consultoría preparado para la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) Oficina Regional para América del Sur. 29 p.
8. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio-EM. (s/f). Informe de Síntesis. Borrador Final. Un informe de la evaluación de los ecosistemas del milenio. Informe de Síntesis. Borrador Final. 43 p. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>

-
9. Barbier, E. B. (1989). Economics, natural-resource scarcity and development. Londres, Earthscan. 223 pp.
10. Pearce, D. W. (1990). An economic approach to saving the tropical forests. Discussion Paper 90-06, London, Londres Environmental Economics Centre. 30 p.
11. Radoslav, Barzew. (Editor). (2002). Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales. Un aporte para la gestión de ecosistemas y recursos naturales en el Corredor Biológico Mesoamericano. Serie Técnica 04. Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano. 149 p.
12. Lutz, E., Stefano, P., & Carlos, R. (editors). (1993). Economic and institutional analyses of soil conservation projects in Central America and the Caribbean. World Bank environment paper No.8. A CATIE-World Bank Project. The International Bank for Reconstruction and Development. Washington. D.C. USA. 207 p.
13. CGIAR. (2010). Bosques, Árboles y Agroforestería Medios de Subsistencia, Paisajes y Gobernanza. CGIAR. 2010. A strategy and results framework for the CGIAR. Resumen Ejecutivo. Disponible en: http://www.cgiar.org/changemanagement/pdf/cgiar_srf_june7_2010.pdf
14. Cristeche, E., & Julio, A. P. (2008). Métodos de Valoración Económica de los servicios ambientales. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales. Edición Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), No 3. Argentina. 55 p. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-metodos_doc_03.pdf
15. SEMARNAT. (2009). Programa de Pago de Servicios Ambientales. Disponible en: http://inecc.gob.mx/descargas/con_eco/2009_sem_ser_amb_pres_04_emartinez.pdf. México.
16. Winpenny, J. T. (1991). Values for the environment: A guide to economic appraisal. Londres, Instituto de Desarrollo de Ultramar, HMSO Publications. 277 p.

Tabla 1. Bienes y servicios tangibles e intangibles que proveen los bosques

CATEGORIAS	SERVICIOS
<p>APROVISIONAMIENTO</p> <p>(Productos y servicios tangibles que proveen los bosques, plantaciones y sistemas agroforestales).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Madera, fibras, pulpa, taninos, látex, leña y otros. • Alimentos: granos básicos, frutas, raíces, forrajes, tubérculos, hongos y otros. • Bioquímicos: aceites, medicinas naturales y productos farmacéuticos. • Recursos genéticos: genes e información genética para biotecnología, clones, polinización. • Ornamentales: flores, envoltorios, hojas, ramas, tintes.
<p>REGULACIÓN</p> <p>(Contribuyen a la regulación y funcionamiento natural de los procesos eco sistémicos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de la calidad del aire. Los árboles contribuyen a extraer y reducir el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera. • Regulación del clima. La cobertura y la sombra de los árboles protegen el suelo, contribuyen a regular la temperatura, los niveles de precipitación y el secuestro y regulación de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂). • Control de la erosión: El bosque y su cobertura contribuye a retener el suelo, prevenir la erosión y que la tierra sea un recurso para la producción agropecuaria. • Recarga de acuíferos y desintoxicación de las aguas mediante procesos de infiltración natural y la descomposición de residuos orgánicos. • Regulación del agua: La alteración o eliminación de bosques y plantaciones afectan la magnitud de escorrentías, inundaciones, deslaves y otros. • Protección contra riesgos y amenazas naturales como las tormentas, inundaciones y deslizamientos. • Biorremediación: Contribuye a la eliminación de contaminaciones a través de procesos de almacenamiento, dilución, transformación o entierro de residuos.
<p>CULTURALES</p> <p>(Beneficios intangibles e indirectos que las personas obtienen a través de enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognoscitivo, la recreación y otros).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Valores espirituales y religiosos. Hay culturas y religiones que asignan un valor espiritual y religioso a algunos bosques plantaciones y ecosistemas o los utilizan como fuente de productos para sahumerios, ornamentales y ofrendas. • Valores estéticos. Las personas encuentran belleza, fuente para la inspiración artística, folclore, arquitectura y paisaje en los bosques, plantaciones y en los ecosistemas en general. • Relaciones sociales. Los bosques están vinculados con a diferentes tipos de relaciones sociales que se establecen. Ejemplo: sociedades y cooperativas de turismo, madereros, leñadores, conservacionistas y otros. • Herencia cultural. Hay sociedades que asignan un alto valor en el mantenimiento de bosques, paisajes y especies forestales como parte del ecosistema y de la herencia. • Bosques y plantaciones establecidos para recreación y ecoturismo.
<p>APOYO</p> <p>(Los bosques contribuyen con servicios indispensables para mantener, conservar y producir integralmente los otros servicios que proveen los ecosistemas).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la productividad de cultivos cuando hay sistemas agroforestales. • Formación y retención de suelo. • Apoyo al ciclo de nutrientes. • Contribución al ciclo natural del agua. • Producción de oxígeno atmosférico. • Provisión de hábitat para diversas especies (fauna, flora, aves, insectos y otros).

Fuente: Cuadro con ajuste del autor focalizado en bosques y con base a la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM). Informe de Síntesis.

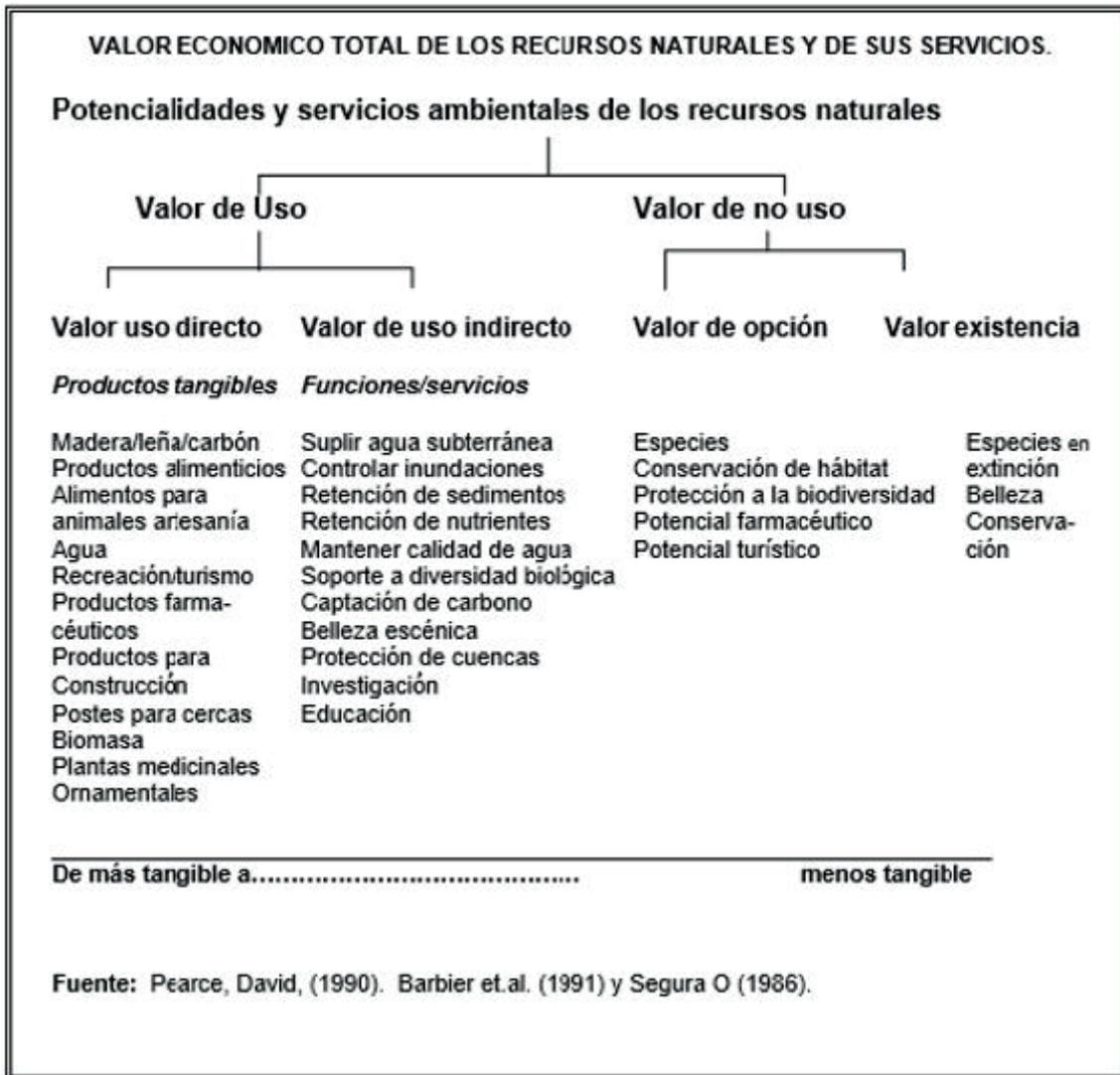


Figura 1. Valor Económico Total de los recursos naturales y de sus servicios.

Wood Property Mapping at the Individual Tree and Landscape Level to Support Industrialization of the Forest Resource.

(Mapeo de las propiedades de la madera en árboles individuales y a nivel de paisaje como apoyo de la industrialización de los recursos forestales)

Dr. M. Leitch(1)* and S. Miller(1)

(1) Faculty of Natural Resources Management, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, P7B5E1

*Correspondence. E-mail: mleitch@lakeheadu.ca (Dr. M. Leitch)

ABSTRACT

Major changes in global forest industries has forced Canadian companies to look at how they conduct business with this new competition. Vast forest resources found in Canada are utilized and contribute roughly \$20 billion to the GDP every year. In order to remain a significant forest products contributor globally and to increase our production from primarily commodity products to include a larger contribution from value-added or secondary manufacturing, the industry needs to better understand the forest resource and how to best maximize utilization of the resource. In the LUWSTF we have developed methods to map the inherent properties of individual standing trees and entire landscapes in order to optimize utilization. We have shown that this type of mapping of properties and utilizing the resource where it best suits products can increase the value of every tree by as much as 30%. Additionally, we have been able to create tree and landscape wood property maps which, display species mixes and wood quality across a landscape. This will enable industry to react to market demand quickly, have a better understanding of what is on the landscape and increase investment based on knowledge of the resource and what wood quality an industry requires.

Key words: utilization, forest resources, tree mapping, wood quality, inherent wood properties, value-adding.

RESUMEN

Cambios mayores en la industria forestal global ha forzado a las compañías canadienses a mirar como ellos conducen los negocios con sus nuevos competidores. Los vastos recursos forestales que se encuentran en Canadá son utilizados y contribuyen aproximadamente con 20 billones de dólares al GDP por año. Para permanecer globalmente como un contribuidor importante de productos forestales y para incrementar nuestra producción de productos básicos principalmente que incluye una gran contribución de valor agregado y manufactura secundaria, la industria necesita entender mejor los recursos forestales y como maximizar de la mejor manera la utilización de los recursos. En la LUWSTF nosotros hemos desarrollado métodos para mapear las propiedades inherentes de los árboles individuales en pie y el paisaje entero en orden de optimizar su utilización. Nosotros hemos demostrado que este tipo de mapeo de las propiedades y utilización de los recursos donde se adapten mejor los productos puede incrementar el valor de cada árbol por mucho más del 30%. Adicionalmente, nosotros hemos sido capaces de crear mapas de propiedades de la madera del árbol y del paisaje el cual muestra mezcla de especies y calidad de madera a través del paisaje. Esto permitirá a la industria reaccionar a la demanda del mercado rápidamente, tener un mejor entendimiento de lo que hay en el paisaje e incrementar la inversión basado en el conocimiento de los recursos y qué calidad de la madera una industria requiere.

Palabras claves: utilización, recursos forestales, mapeo de árboles, calidad de la madera, propiedades intrínsecas de la madera, valor agregado.

1. Introduction

The Canadian forest industry has undergone a major shift in how it conducts business due mainly to increased competition from other regions of the world, in particular the Southern Hemisphere. The forest sector in Canada needs to be more responsive to global demands.

This requires a science-based understanding of the useful characteristics and limitations of the harvestable wood at the individual tree and landscape level. This involves looking at all physical and mechanical properties of a species across its natural range. As mentioned by Barbour et al. (1) and Zhang et al. (2), properties of trees are influenced by site and causes a change both radially and axially within trees. Many studies have shown the variation in trees both within a tree, within a species and across sites (3, 4, 5, 2, and 6). Lakehead University Wood Science and Testing Facility (LUWSTF) has developed non-destructive evaluation of wood properties (NDE) methodologies that fit into existing Forest Resource Inventory (FRI) Calibration Plot Specifications so that forest technologists can collect additional wood attributes data in tandem with core FRI field collection activities; without the need for specialized expertise. NDE is utilized in many cases using acoustic technologies. This technology has been shown to predict mechanical and physical properties of wood, both standing trees and felled trees (7, 8, and 9). Employing NDE procedures LUWSTF and their industry research partners have developed Decision Support Tools (DST), which uses FRI and NDE field data, to optimize forest operation and planning activities, attract new investment and increase the value and utilization of the forest resource.

2. Materials and Methods

The materials and methods have 4 main sections. Section 1 – Collecting inherent wood properties through destructive means – this was accomplished by destructively collecting the

large, quadratic mean and small trees from a specific ecosite and then repeating this for all ecosites a species grows on. This was completed for all Boreal species growing in Northwestern Ontario. Sample trees were randomly selected and harvested with stem bolts from every 10% of total tree height initially and then from 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of merchantable tree height. Change in sampling intensity was based on initial studies where we found we could cut back to the 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of merchantable tree height sampling with no loss in accuracy of the information. These bolts were brought back to the LUWSTF for processing and testing of physical and mechanical properties following ASTM standards (which were also followed for representative sampling). This produced the base information about the trees main stem wood properties from pith to bark and base to crown for each species across its growing conditions (ecosites). All data was collected and analysed. For detailed methodologies see (10).

Section 2 – Developing a non-destructive methodology for inherent wood properties- this was accomplished using acoustic technologies combined with large diameter increment cores (11, and 12). The data collected during destructive sampling was used to calibrate the predictions for inherent wood properties of the acoustic tools. Some destructive samples were cut to confirm the predictions were accurate. This was accomplished by acoustically testing trees in the field and predicting all stem properties, followed by harvesting those trees and testing all the wood (as was completed in section 1) to compare the prediction to actual numbers. Once we were convinced the predictions were accurate we continued to collect data with the acoustic machine on all species. Large diameter increment cores were taken to get density profiles that are used in conjunction with the acoustic data to predict mechanical properties (i.e. MOE) from pith to bark and base to top of the tree. From this data lumber grades were then assigned.

Section 3 – Development of the LUWSTF Wood

Science App – this was accomplished by hiring a programmer consultant to write the programming for the App to be used in all field sampling. This section occurred at the same time as Section 2 research. The App is a product of the LUWSTF and will be made commercially available soon. All field data (including acoustic data, site data, tree data including defects, stand composition etc.) is inputted into the App (on field tablets) during field data collections and when workers return to the labs the data is uploaded through a wifi connection to the LUWSTF MS Access Database. The testing machines in the labs also use the App to control data so it is taken directly from the testing machines into the database and related to the field data through sample identification tags. From here maps or data queries can be made through the WS App.

Section 4 – Field testing of the WS App and methodology – this was accomplished through several field tests for several projects. The main one being a recent study to test the viability and operational efficiency and feasibility of the WS App on a 200,000 ha block in Northwestern Ontario, which was stratified by Standard Forest Units (SFU) after which polygons were selected using a random stratified sampling method. To ensure a balanced design 6 polygons per SFU sample block were used that had an age range between 50 and 105 years of age. This involved conducting 100 Forest Resource Inventory plots across the landscape (1 plot per 2000ha) and collecting the information traditionally collected in an FRI and using our system of information collection, which includes wood quality attributes, with our WS App. The study aimed to compare the two methods and see if the LUWSTF method produced the information requested by government and was operationally and economically feasible. Analysis was conducted and maps were produced to show the output of the WS App.

3. Results and Discussion

The main results from Section 1 shows that the opportunity to increase value of each tree

is possible by recognizing the inherent wood properties and potentially segregating the main stem into lengths that could then be sent to appropriate mills to maximize the utilization and therefore value. For example, it was found in a study by Leitch et al. (13) that by mapping this information in Eastern Larch at this level of detail we could increase the value of each tree by as much as 30%. This was shown using optimization modeling software, BUCK2, developed by the Ontario Forest Research Institute, where eastern larch processed under conventional means and under bucking lengths using wood characteristics mapping resulted in the value increasing from \$46,318/ha to \$60,817/ha. In another study, Leitch et al. (11) used mapping at the landscape level to display where on the landscape a wood quality was found for a new producer with tight wood quality requirements. These maps displayed where the wood quality required grew and the site conditions where it was found across the landscape. (Fig. 1) shows a break-down of a trees inherent properties and where they change along the stem length and from pith to bark. Wood variability has been known for a long time (14, 6 and 15). However, our understanding of where properties change as related to the landscape environment has been a challenge. The literature presents a range of property values for a given species, for example Jessome (2000) (16) presents Eastern Larch with a Modulus of Elasticity value of 12600MPa, while the Wood Handbook (6) has the same species listed with a MOE of 11300MPa. These differences can be attributed to the location where the trees are growing and averaging across a small sample size. For example, the (16) values are based on 2 sample locations and 11 trees for a species that grows from coast to coast in Canada. These variances found in the literature are common and many represent sample sizes that are too small to accommodate the natural range of a species or don't accommodate the range of ecosites the species grow on. Many studies have shown variation across sites for wood properties of a single species (2, 17, and 18). This study which, is not the focus of this paper but provided data to allow this mapping research

proved that there is variability across landscapes for tree species and it is predictable. The main finding was that ecosite, essentially a measure of drainage class determines many wood properties. In summary the toe of a slope, the slope itself and the ridgetop areas all produce trees that display different properties, within a given species. It was also found that the butt logs were significantly different than the main stem wood and the crown wood, as well the juvenile core was significantly different than the mature outer stem wood. This was shown through a variety of studies on eastern larch, white birch, black ash, jack pine, black spruce, poplar and eastern white cedar. This information is presented elsewhere.

Section 2 and 3 describes the non-destructive method we use to predict the inherent wood properties from pith to bark and base to crown and at the same time were developing the Wood Science App and testing it (11). This was accomplished by using the acoustic values (Fakoop Acoustic tool and FibreGen Acoustic tool) taken on the periphery of the tree and combining this with the density values from the large diameter increment cores (12mm) and the acoustic testing of destructively harvested trees to compare. The destructively harvested trees were also used to acquire pith to bark acoustic profiles in order to use the density data to determine MOE values from pith to bark and up the main stem. A special jig was designed and manufactured in the LUWSTF to allow logs to be strapped down and tested from pith to bark to acquire acoustic values that are combined with the density values for property predictions. This information was then produced for all species across their growing conditions (ecosites) and used for all subsequent predictions where only acoustic and density data was retrieved in a non-destructive manner. (Fig. 2) shows the relationship between test properties where there is a strong positive correlation between acoustic velocity (AcVel) and fibre length (TL) to MOE and MOR and a strong negative correlation to microfibril angle (MFA). The density of juvenile wood shows a negative correlation to MOE, MOR and

AcVel, while mature wood density has a strong positive correlation to these properties. Using these relationships between wood properties it is possible to use non-destructive evaluation for inventory evaluation at the regional, national and global levels. Maps of predictions using these relationships are presented in Section 4.

Section 4 was a large scale field test of the Wood Science App and our non-destructive methodology for collecting resource information for managers etc. (Fig. 3), 4 and 5 display some of the maps we have produced using our methodology. It can be seen that individual tree maps can be produced that display the inherent variability in tree properties from pith to bark radially and base to top axially. Properties change significantly through the tree and (Fig. 3) displays how this changes from a low in the pith region where the juvenile wood is found to high properties near the periphery of the stem, the mature wood, near the base (or the butt log) of the tree. It also shows how properties change from the pith out at any height in the tree and how this varies depending at what height you sample. This has particular value for the industry in knowing where on the landscape different grades of wood are located allowing better planning and reaction to market demands. It also allows governments to attract new investment to the region when potential industry can be told the quality of wood they need is available and where on the landscape they will find it. This will allow the industry in Northwestern Ontario (NWO) to better manage and utilize the resource and attract new investment based on the wood properties. The other main finding here is that our underutilized tree species have huge potential based on their wood properties that are defined by location on the landscape and the location of NWO where our trees do grow slow due to our climate. This open up doors for new small to medium sized industries specifically producing value-added products with tight resource requirements. (Fig. 4) clearly shows the benefit of this research where our modified FRI maps display lumber grades across the landscape for the species in the particular polygons. (Fig. 5) is an example of a regional map for Jack Pine

modulus of elasticity values growing on deep sandy soils. It clearly displays there is variance in Jack Pine based on site/location, which is important for stud mills where lumber grades are everything and higher grades mean better value. These maps will enable the comments made above and ensure the province will have a good knowledge of its resource and what it is worth.

4. Conclusions

The whole tree and landscape mapping program in the LUWSTF has been shown to be effective at collecting information relating to inherent wood properties at the individual tree and landscape levels. This is in part due to the Wood Science App developed by the LUWSTF where all data needed to produce the maps is collected through the App and then produced through the App. Our research has shown this to be an effective and accurate method of collecting field data without errors from data input in the field and in the lab. The App also allows all field data to be uploaded from the field tablets eliminating the chance of errors when inputting field data into the LUWSTF database. In a recent study the App was used to map a 200000Ha block in Northwestern Ontario where it was proven that our non-destructive methodology for mapping could be added to the Provincial Forest Resource Inventory methodology and is operationally feasible and economic. This is a significant improvement for the industry and government. For industry it means a better description of the resource across the landscape and for government it means an increased ability to promote our resources to new investment.

5. References

1. Barbour, R. J., Fayle, D. C., Chauret, G., Cook, J., Karsh, M. B., & Ran, S. (1994). Breast-height relative density and radial growth of mature jack pine for 38 years after thinning. *Canadian Journal of Forest Research* 24(12):2439-2447.
2. Zhang, S.Y., Chauret, G., Duchesne, I., & Schneider, R. (2005). Maximizing the value of jack pine resources. Forintek Canada Corp., Sainte-Foy, QC. 161 pp.
3. Magnussen, S., & Keith, C. T. (1990). Genetic improvement of volume and wood properties of jack pine: selection strategies. *Forestry Chronicle* 66 (3):281-286.
4. Keith, C. T. (1986). An exploratory study of the properties of fast grown jack pine and European larch in eastern Canada. Special Report. Forintek Canada Corp., Ottawa, ON. 123 pp.
5. Duchesne, I. (2006). Effect of rotation age on lumber grade yield, bending strength and stiffness in jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) natural stands. *Wood and Fibre Science* 38(1):84-94.
6. USDA. (2010). Wood handbook: Wood as an engineering material. Forest Products Society. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. ISBN: 978-1-892529-59-6
7. Legg M., & Bradley, S. (2016). Measurement of stifles of standing trees and felled logs using acoustics: A Review. Department of Physics, University of Auckland, New Zealand. *Acoustics Society of America*. Doi: 10.1121/1.4940210. Pg, 588-604.
8. Mochan S., Moore, J., & Connolly, T. (2009). Using acoustic tools in forestry and the wood supply chain. Technical Note FCTN018, Forestry Commission, UK. ISBN: 973-0-85538-788-4.
9. Leitch, M. & Miller, S. (2017). EFRI with wood property metrics: Analysis Workshop. Faculty of Natural Resources Management. Lakehead University, On: Ca. Ppt.
10. Miller, S. (2010). Is wood characteristic mapping an opportunity to optimize the value chain in Northwestern Ontario? A case study considering Eastern Larch grown in the Thunder Bay District. MScF Thesis, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario. Pp 249.

-
11. Miller, S., Leitch, M., Shahi, C., & Pulkki, R. (2013). Comparison of the acoustic velocity of eastern larch grown in Northwestern Ontario measured by the Fibre-gen ST300 and HM200 acoustic tools. 18th International Nondestructive Testing and evaluation of wood symposium. Madison, Wisconsin, USA. Sept. 24-27.
 12. Leitch, M.A. & Miller, S. (2014). Using Non-Destructive Evaluation as a means of Predicting Inherent Wood Properties: Eastern Larch Grown in Northwestern Ontario as a Case Study. Precision Forestry Symposium: The Anchor of your Value Chain, Stellenbosch, South Africa, March 3-5.
 13. Leitch, M., Homagain, K., Miller, S., & Shahi, C. (2011). Integrating inherent wood properties into the value-chain: A case study with tamarack in northwestern Ontario. Paper presented at 4th Forest Engineering Conference, Innovation in Forest Engineering: Adapting to Structural Change held in White River, South Africa from April 5-7, 2011
 14. Panshin, A. J. & De Zeeuw, C. (1980). Structure, identification, properties, and uses of Commercial Woods of the United States and Canada. Textbook of Wood Technology: 4Th ed. Mcgraw-Hill Book Company. 720 p.
 15. Bowyer, J.L., Shmulsky, R., & Haygreen, J. G. (2003). Forest products and wood science: an Introduction. 4th Edition. Iowa State Press. Blackwell Publishing Company, Oxford, UK. 554 pp.
 16. Jessome, A. P. (2000). Strength and Related Properties of Woods Grown in Canada. Forintek Canada Corp. pp. 10-17
 17. Xiang, W., Leitch, M., Auty, D., Duchatateau, E., & Achim, A. (2014). Radial trends in black spruce wood density can show an age-and growth-related decline. Ann. For. Sci. 71: 603-615.
 18. Homagain, K., Leitch, M., Shahi, C., & Luckai, N. (2011). Differences in extrinsic tree quality and value of fibre production following alternative vegetation management treatments in Northwestern. Forestry Chronicle 87(2): 251-259.

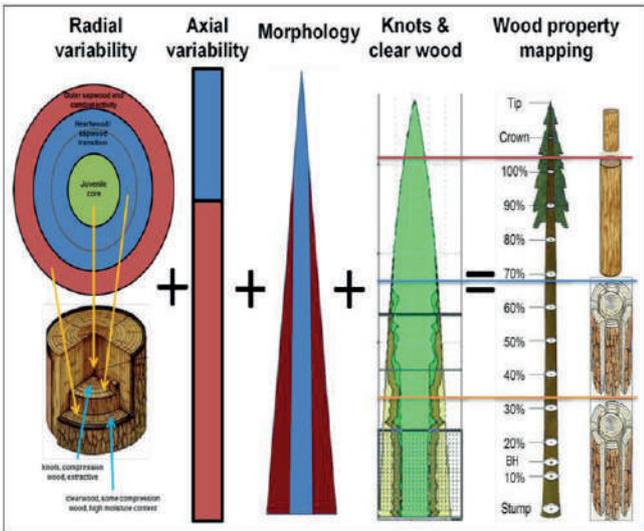


Fig. 1. Wood Property Metrics.

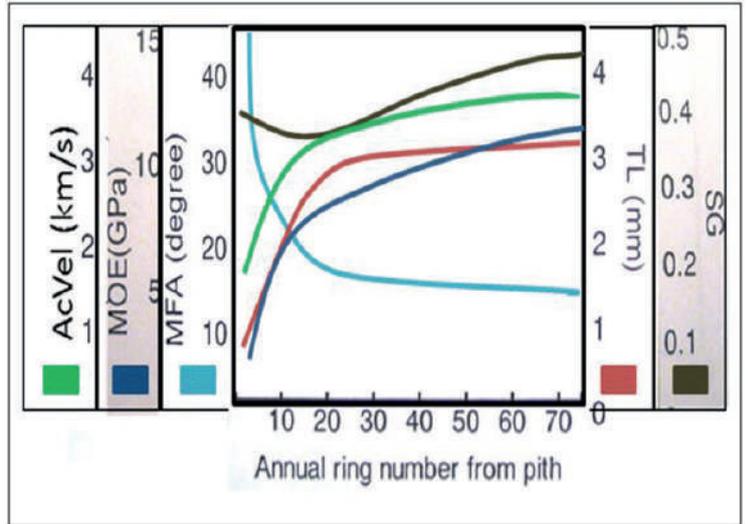


Fig. 2. Relationship between test properties.

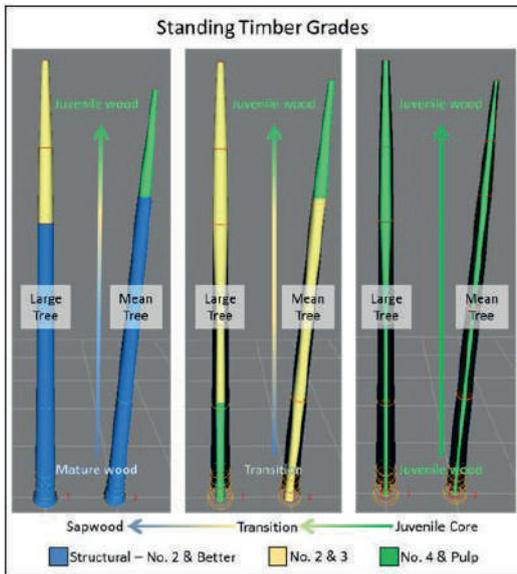


Fig. 3. WS App 3D representation of standing timber grades prediction.

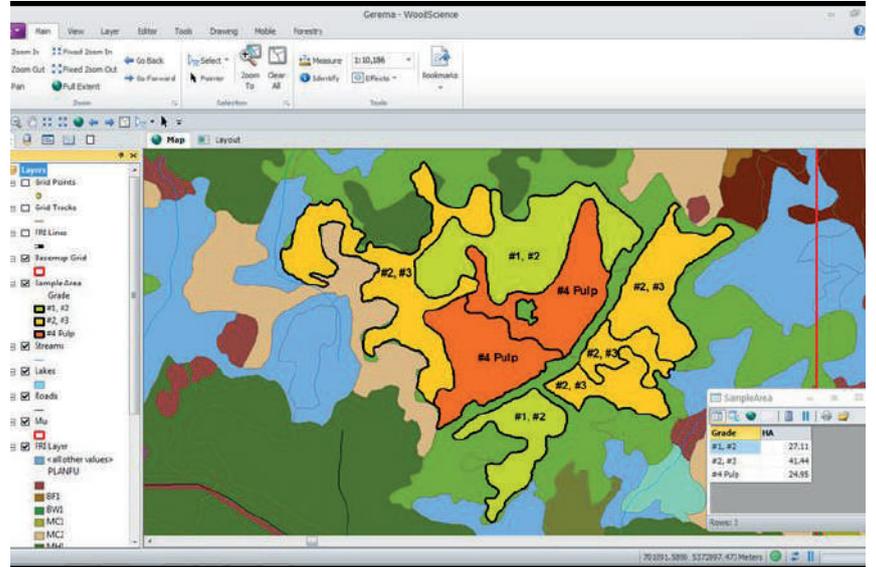


Fig. 4. Integration of WS App plot data wood metrics with Gerema mapping functions.

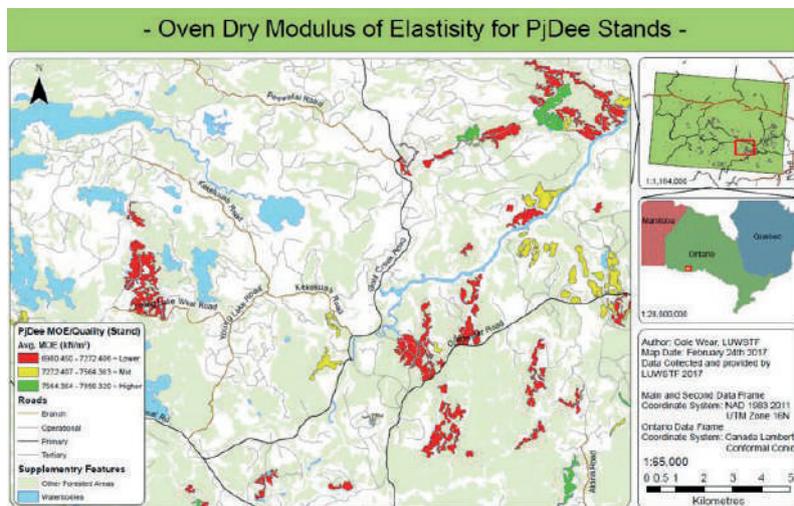


Fig. 5. Oven dry Modulus of Elasticity for Jack Pine on Deep sandy soils.

Manejo Sostenible de Bosques Nativos: El caso de las concesiones en Guatemala

(Sustainable Management of Native Forests: The case of concessions in Guatemala)

F. Carrera*

Programa de Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático del CATIE 7170 Cartago, Turrialba 30501, Costa Rica

*Correspondencia. E-mail: fcarrera@catie.ac.cr (F. Carrera)

RESUMEN

Uno de los casos más exitosos de manejo de bosques nativos es el que se viene realizando en la Zona de Uso Múltiple de la Reserva de Biósfera Maya en el Departamento de Petén, Guatemala. Se trata de concesiones otorgadas a comunidades organizadas e industrias forestales por un periodo de 25 años renovables. Los resultados muestran los bosques concesionados son los mejores conservados en comparación con los parques nacionales aledaños. Todas las concesiones están certificadas por el FSC siendo este un requisito por parte del estado para su adjudicación. El proceso concesionario tiene cerca de 20 años, con resultados impactantes en el ámbito económico, social, ambiental y político institucional y varias lecciones aprendidas que pueden ayudar al desarrollo de procesos similares.

Palabras claves: manejo forestal, concesiones, forestería comunitaria, certificación, bosques nativos.

ABSTRACT

One of the most successful cases of native forest management is the one that is being carried out in the Multiple Use Zone of the Maya Biosphere Reserve in the Department of Petén, Guatemala. These are concessions granted to organized communities and forest industries for a period of 25 years renewable. The results show the concessioned forests are the best conserved compared to the surrounding national parks. All the concessions are certified by the FSC being this a requirement on the part of the state for its adjudication. The concessionaire process has nearly 20 years, with impressive results in the economic, social, environmental and political institutional environment and several lessons learned that can help the development of similar processes.

Key words: forest management, concessions, community forestry, certification, native forests.

1. Introducción

El documento de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales señala que un 30,6 % de la superficie terrestre del planeta está cubierta de bosques con una clara tendencia a la deforestación en los trópicos (1). Esta situación contribuye a la emisión de gases efecto invernadero que tiene un efecto significativo en el calentamiento

global del planeta. Una alternativa para reducir estas emisiones lo constituye el manejo forestal sostenible.

El manejo forestal ha evolucionado en América Latina en forma significativa. Al respecto cabe destacar lo señalado por Poor y colaboradores a finales de los 80 quienes no encontraron casos de buen manejo forestal en el trópico americano con

excepción de un caso en Trinidad y afirmaban que existían más avances en Sudeste Asiático y África (2). En la actualidad la situación ha cambiado drásticamente pues la región cuenta con más de 12 millones de hectáreas de bosques certificados bajo el esquema FSC en 18 países y varios casos ejemplares de manejo forestal sostenible documentados (3). El concepto de manejo sostenible no es nuevo para los forestales pues en 1713, Hans Carl von Carlowitz hace referencia a este concepto en su libro *Silvicultura Económica*. La premisa de que el manejo forestal es una estrategia para reducir la deforestación quedó demostrado en el proceso de concesiones forestales en la Zona de Uso Múltiple de la Reserva de la Biosfera Maya, en el Departamento de Petén, al norte de Guatemala (Fig. 1). El presente documento describe en forma resumida el proceso, los principales resultados y las lecciones aprendidas. Los resultados muestran que el manejo forestal bien ejecutado es una alternativa de conservación y desarrollo que puede ayudar a reducir emisiones por deforestación y degradación.

2. Antecedentes

2.1. Proceso de ocupación de Petén

La historia de ocupación de Petén inicia con la Cultura Maya entre los años 200 y 900 DC implicó la conversión del bosque para establecimiento de agricultura y ciudades. Desde el colapso de la civilización Maya hasta la conquista del Itzá en 1697, Petén quedó prácticamente deshabitado, permitiendo la regeneración del bosque natural (4, 5).

Desde esta fecha hasta la década de los 60, el Petén fue un territorio escasamente poblado, olvidado por los principales centros sociales, políticos y comerciales del país. Durante mucho tiempo se consideró la región de Petén como únicamente apropiada para la ganadería extensiva, productos forestales no maderables, especialmente la resina de chicozapote (*Manilkara zapota*), y la extracción de Caoba (*Swietenia macrophylla*) mismas que se convirtieron en la base económica local (4).

A principios de 1960, el Estado inicia acciones para administrar el uso de los recursos naturales y promover la colonización del territorio. Durante este período se intensifica el establecimiento de fincas ganaderas convirtiendo grandes superficies de bosque en pastizales. También cobran auge la extracción de otros productos del bosque, tal como palmas (*Chamaedorea* spp) y frutos de pimienta (*Pimenta dioica*). El gobierno limitó la colonización al sur del Paralelo 17°10', dejando como reserva forestal el norte del Petén. Esta reserva fue sometida a una fuerte actividad maderera por parte de industrias forestales que se dedicaron exclusivamente a la extracción de especies preciosas bajo contratos de explotación en grandes áreas por periodos cortos (3 a 5 años). En forma paralela se otorgaban licencias para la extracción de látex de chicozapote (*Manilkara zapota*) para la elaboración de goma de mascar, palmas de xate (*Chamaedorea* spp.) y frutos de pimienta (*Pimenta dioica*). En los años 80, el problema agrario se intensifica en el país, dando lugar a migraciones masivas de campesinos sin tierra hacia el Petén.

2.2. Creación de la Reserva Biósfera Maya (RBM)

En 1989 se promulga la Ley de Áreas Protegidas y con ella se constituye el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). Poco después, en 1990 el Congreso de la República aprueba la creación de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), delegando su administración a CONAP. Cabe señalar que esta declaración dejó dentro de la RBM a varias comunidades campesinas con sistemas de producción tradicionales basados en la agricultura y la extracción de productos del bosque. La ruptura del esquema de acceso libre a los recursos originada por la aplicación de la Ley de Áreas Protegidas, generó una serie de conflictos sociales y un rechazo de la población campesina hacia CONAP (6).

Esta etapa de inicio de la RBM fue difícil, ya que antiguas licencias de extracción maderera en la

reserva expiraron y CONAP no continuó con esta práctica. Esta situación motivó la aparición de los llamados “motosierristas” quienes talaban y aserraban en forma clandestina. Este descontrol derivó en una amenaza aún mayor, el avance de la frontera agrícola, producto de la inmigración masiva hacia la región de Petén motivada por un desbalance en la distribución de la tierra en el país.

Entre 1990 y 1996 imperaba el caos en la RBM al no existir lineamientos claros para manejarla a pesar que el Plan Maestro de la RBM aprobado en 1992 establece la intangibilidad de las Zonas Núcleo (Parques Nacionales y Biotopos) y la posibilidad de aprovechar los recursos naturales renovables en la Zona de Uso Múltiple (ZUM) bajo la figura legal de concesión forestal. Otro aspecto relevante es la firma de los Acuerdos de Paz en 1996 que puso fin a 36 años de guerra interna en Guatemala que sin duda constituía una amenaza a los bosques del Petén por las invasiones.

2.3. Estrategia de manejo para la Zona de Uso Múltiple (ZUM)

Dada esta situación la estrategia adoptada por CONAP en la ZUM fue “compartir y delegar su administración a través de la adjudicación de Unidades de Manejo de tal forma que los concesionarios reciban derechos de usufructo a largo plazo, con beneficios y responsabilidades ordenados en un contrato”. La idea de otorgar concesiones es convertir a los residentes comunitarios de la RBM en aliados de CONAP en la conservación de las áreas protegidas, permitiéndoles el aprovechamiento exclusivo de los recursos amparados en la concesión, siempre que estos estén bajo un esquema de manejo sostenible (Tabla 1).

Entre sus responsabilidades los concesionarios deben velar por la integridad de la unidad de manejo concesionada. Esto implica el control y vigilancia para evitar invasiones que se traducen en pérdida de cobertura boscosa, prevenir y

controlar incendios, evitar la tala ilegal de madera y la depredación de recursos arqueológicos, entre otros actos ilícitos.

Es importante tener en cuenta que las concesiones forestales no se limitan al manejo forestal maderable. También el contrato de concesión promueve el uso racional y sostenible de los recursos no maderables, así como actividades agrícolas basadas en un plan de ordenamiento territorial, turismo, entre otras actividades productivas necesarias para el desarrollo comunitario y que son compatibles con los objetivos de la RBM (6).

Para brindar asistencia técnica al Estado en el desarrollo e implementación del proceso concesionario se formuló el Proyecto CATIE/CONAP con fondos de la Agencia de Desarrollo de los Estados Unidos (USAID).

2.4. Tipos de concesiones

En principio se constituyeron dos tipos de concesiones: Comunitarias e Industriales.

Las concesiones comunitarias fueron otorgadas a grupos comunitarios organizados y se fomentaba el manejo tanto de productos maderables como no maderables del bosque. Para esto, cada concesión debería contar con la asistencia técnica y el acompañamiento inicial de una ONG. Las concesiones comunitarias con comunidades residentes están facultadas a realizar actividades agrícolas sujeto a un plan de ordenamiento territorial, no así las concesiones comunitarias con poblaciones no residentes.

Las concesiones industriales fueron otorgadas por un proceso de licitación a empresas forestales con experiencia en el territorio y, a diferencia de las concesiones comunitarias, se les exigía solamente el manejo de recursos maderables y acuerdos con recolectores de productos forestales no maderables a fin de prevenir posibles conflictos. La prioridad del CONAP fue el otorgamiento de concesiones comunitarias alrededor de las

aldeas. Las áreas libres fueron otorgadas a grupos comunitarios organizados residentes fuera de la zona de uso múltiple y a dos industrias forestales con amplia experiencia en el territorio bajo un transparente sistema de licitación.

Si bien el proceso de licitación de las concesiones industriales incluía una oferta económica, este solo representaba un 10% de los criterios de valoración. El CONAP dio más peso a la experiencia de la empresa en el área, su plan de desarrollo socioeconómico y su responsabilidad social corporativa. Es decir, no se otorgó las concesiones al mejor postor sino al que mejor propuesta socioeconómica ofrecía.

Unos de los aspectos más innovadores de este proceso fue la exigencia del Estado de que las concesiones comunitarias e industriales deberían obtener la certificación forestal del Forest Stewardship Council (FSC) a más tardar el tercer año de otorgada la concesión, caso contrario era una causal de rescisión del contrato (Tabla 2).

3. Resultados

En total se otorgaron 14 concesiones, 12 comunitarias y 2 industriales. De las 12 concesiones comunitarias 6 albergaban a comunidades residentes y las otras 6 restantes eran grupos comunitarios no residentes en el área. En la (Figura 2) presenta un mapa de ubicación de las concesiones en la RBM.

Cabe destacar que dos de las concesiones comunitarias (San Miguel de la Palotada y La Pasadita) fueron rescindidas por incumplimiento de los contratos, dejando claro que CONAP no toleraría incumplimientos en los acuerdos del contrato de concesión.

La cobertura de las concesiones es cercano al medio millón de hectáreas con alrededor de 7 mil beneficiarios directos.

Entre los principales logros del proceso concesionario se puede destacar los siguientes:

- Control de incendios forestales. La ocurrencia de incendios forestales es mínima en comparación con las áreas aledañas ya que los concesionarios hacen campañas de prevención y control. Saben que si se quema el bosque ellos serán los principales perjudicados ya que dependen el bosque para su sustento.
- Ordenamiento territorial de la Zona de Uso Múltiple. Esto es sinónimo de resolución de conflictos ya que los límites ente unidades de manejo están claramente definidos. Así mismo, el ordenamiento territorial también es a lo interno de las unidades de manejo, en las que se diferencia las áreas bajo cobertura forestal permanente para producción y conservación y la zona urbana.
- Freno a la inmigración y avance de la frontera agrícola. Los concesionarios son conscientes de que parte de su compromiso es el evitar la deforestación no contemplada en el plan de ordenamiento territorial. Es por esto que son fieles custodios de la integridad del bosque reaccionando con premura a cualquier intento de invasión a través de la denuncia a los órganos competentes.
- Control de la extracción ilegal. No existe extracción ilegal en las áreas concesionadas debido a que los concesionarios pueden extraer los recursos en forma legal amparados en el Plan de manejo. Cualquier intento externo de aprovechamiento furtivo es inmediatamente aplacado y denunciado a las autoridades competentes.
- Mayores fuentes de empleo. Las concesiones han dado una nueva dinámica de empleo a la mano de obra de la población local en las diversas actividades productivas amparadas en el contrato de concesión ya sea de productos maderables y no maderables y servicios asociados.
- Formación de empresas forestales comunitarias. Todas las concesiones tienen sus propios aserraderos lo que implica un

escalamiento en la cadena de producción y de valor de la madera. Para lograrlo han tenido que constituirse en empresas forestales con todos los requerimientos legales exigidos por ley.

- Aumento de los ingresos económicos comunitarios. Los ingresos económicos de la población ha aumentado como consecuencia de las mayores fuentes de empleo y diversificación productiva tanto para hombres como para mujeres.

- Desarrollo de infraestructura social. Las utilidades de las comunidades han permitido el financiamiento de obras de beneficio social (infraestructura vial, centros de salud, escuelas, salón comunal, agua potable, etc.). En la mayoría de las concesiones comunitarias no hay reparto de utilidades.

- Aumento de las capacidades técnicas y administrativas. Los concesionarios cuentan con un mayor conocimiento en la aplicación de técnicas sostenibles de manejo forestal, tanto de productos maderables como no maderables. Asimismo, ha aumentado la capacidad en los aspectos administrativos, financieros y contables, para que evolucionen a empresas comunitarias autogestionarias.

- Cambio de mentalidad (del individualismo a la organización comunitaria). Antes del otorgamiento de las concesiones existía una visión individualista, sin mayor nivel de organización de la comunidad para la producción. El otorgamiento de las concesiones ha despertado un interés común y propiciado un cambio de mentalidad hacia una mayor identificación por los asuntos comunitarios. Los miembros de las comunidades han fortalecido su capacidad de organización pasando de simples comités a niveles organizativos más formales como Cooperativas, Asociaciones de Productores o Sociedades Civiles.

- Actitud positiva respecto al bosque. Los beneficios tangibles que están percibiendo las comunidades está promoviendo un cambio de

actitud y percepción para ya no ver al bosque como un obstáculo, sino como un proveedor de bienes y servicios que hay que conservar. Este cambio positivo también se percibe en las autoridades locales quienes han tomado conciencia de la importancia del manejo forestal sostenible y han apoyado fuertemente el proceso.

- Reconocimiento internacional a través de la Certificación Forestal (FSC). La certificación forestal no es sencilla de obtener. Solo se otorga este reconocimiento a las Unidades de Manejo que están cumpliendo los estrictos estándares de buen manejo del FSC. Cabe resaltar que todas las concesiones están certificadas sumando una superficie de 480 mil hectáreas.

- Fortalecimiento de ACOFOP. El principal impulsor y defensor de las concesiones comunitarias es la Asociación de Comunidades Forestales del Petén (ACOFOP), organización de segundo piso que defiende los intereses políticos y socioeconómicos de las comunidades.

- Creación de FORESCOM. Las comunidades cuentan con una empresa de servicios para la transformación y comercialización de productos del bosque llamada FORESCOM. Esta empresa de base comunitaria ayuda a las comunidades a la transformación de parte de su madera y la búsqueda de mejores mercados así como a la certificación grupal. Las concesiones comunitarias no están obligados a comercializar sus productos a través de FORESCOM pues son libres de hacerlo donde mejor les convenga.

4. Lecciones aprendidas

El proceso concesionario en la Reserva de la Biosfera Maya ha dejado muchas algunas lecciones aprendidas que pueden ser replicables para impulsar procesos de forestería comunitaria en otras regiones. Entre las principales lecciones se tienen las siguientes:

- Involucrar a la población local en el manejo de los recursos naturales en la ZUM, de la RBM, ha demostrado ser una forma efectiva para conservar

los bosques y su biodiversidad. Los bosques concesionados están mucho mejor conservados que las áreas administradas directamente por el Estado. Esto se refleja por carencia de extracción ilegal, menos deforestación y ocurrencia de incendios forestales.

- La población local respaldará y apoyará la gestión de manejo en la medida que reciban beneficios tangibles de su involucramiento. El apoyo externo en un inicio fue muy fuerte pero concluyó a los pocos años. Las comunidades se empoderaron del proceso y ven en él una alternativa que les genera ingresos económicos para cubrir sus necesidades básicas.

- Los aspectos clave del éxito de las concesiones en Guatemala han estado dado por la existencia de:

Recurso forestal. Las concesiones son áreas grandes y muchas de ellas con especies de alto valor comercial.

Respaldo político. El compromiso gubernamental de apoyo al proceso fue evidente permitiendo dar en concesión bienes del estado.

- Apoyo financiero. Se necesita un apoyo financiero para el inicio del proceso principalmente para financiar el respaldo técnico de las ONGs acompañantes y las acciones iniciales e manejo.

Paquete tecnológico. Para realizar un buen manejo se requiere de herramientas técnicas mismas que en un inicio fueron proporcionadas por el CATIE.

Alguna forma de seguridad en la tenencia de la tierra es fundamental para arrancar el proceso. Los bosques fueron concesionados por un periodo de 25 años renovables. Lo ideal hubiera sido de 40 años.

- El proceso debe arrancar por los grupos que estén convencidos a manera de sitios demostrativos, los demás se integrarán de

forma gradual en la medida que vean resultados exitosos. El proceso concesionario en Guatemala fue un proceso gradual y al principio muchas de las comunidades dudaban de su desarrollo. Se tuvo que trabajar con los grupos que estaban convencidos e incorporar poco a poco a los demás en la medida que se veían resultados positivos.

- El papel de las ONGs fue fundamental para el inicio del proceso. Estas deben iniciar con acciones o necesidades clave de la comunidad. Las ONGs dieron la asistencia técnica y acompañaron a las comunidades al inicio del proceso con miras a empoderarlas dado que contaban con una estrategia de salida con miras a empoderar a las comunidades cuando terminara la asistencia técnica.

- La certificación forestal está contribuyendo en mejorar la gestión del manejo y en dar una mayor seguridad al proceso. El manejo desarrollado fue mejorado en forma gradual gracias a las condiciones y recomendaciones del organismo certificador. Así mismo, el estar certificados por el FSC le dio mayor seguridad y confianza al proceso y apaciguó las críticas de los detractores que no confiaban en el manejo forestal como estrategia de conservación.

- Alianzas estratégicas Comunidad-Industria han dado buenos resultados. Al inicio los grupos comunitarios no contaban con equipo, maquinaria ni experiencia para implementar un manejo efectivo, por lo que fue necesario realizar alianzas estratégicas con industrias locales para labores extractivas y de transformación primaria de la madera, siempre con la supervisión de la ONG acompañante para garantizar contratos justos en que las dos partes puedan ganar. Después que las comunidades se fueron capitalizando y empoderando del proceso ya no fue necesario este tipo de alianzas productivas.

- Los principales problemas en el proceso de concesiones comunitarias en Guatemala no son de orden técnico sino social. Los aspectos técnicos del manejo fueron abordados y

solucionados con premura no así los sociales que requirieron más tiempo para su consolidación. Se vio en todos los casos la necesidad de fortalecer la capacidad de gestión empresarial comunitaria, considerado como el punto más débil y delicado del proceso concesionario dada la carencia de una cultura forestal y menos empresarial. Convertir a comunitarios en empresas forestales exitosas no es tarea fácil.

- Se debe diferenciar la organización social que vela por los intereses de la comunidad con la empresa forestal comunitaria, misma que debe trabajar con criterios gerenciales. Existe la necesidad de crear una empresa forestal comunitaria que rinda cuentas a la organización social tradicional sin destruir su base social. Es claro que no todos los miembros de la comunidad tienen las condiciones y aptitudes para trabajar en la empresa comunitaria y muchas veces es necesario contratar servicios externos para labores puntuales.

- Es conveniente para el proceso la consolidación de organizaciones de segundo nivel que agrupe y defienda los intereses de los grupos comunitarios. En el caso de las concesiones se cuenta con:

ACOFOP (aspectos políticos). La Asociación de Comunidades Forestales del Petén fue el interlocutor de las comunidades con el CONAP. Su postura conciliadora entre grupos comunitarios y a la vez beligerante ante cualquier amenaza externa ha sido crucial para el éxito del proceso.

FORESCOM (aspectos técnicos y económicos). Esta empresa de base comunitaria vino a llenar un vacío en relación al procesamiento, mercadeo y comercialización de productos maderables. Cuenta con personal técnico de alto nivel.

- Se debe procurar diversificar la producción hacia el manejo de recursos maderables, no maderables, turismo, agricultura, entre otros, respetando el plan de ordenamiento territorial. Si bien se habla de concesiones forestales se

tiende a confundir con concesiones madereras. El bosque es más que madera y los contratos de concesión comunicaría promueven el uso integral de los recursos naturales renovables es decir recursos maderables, no maderables, turismo, agricultura, etc.

- El manejo forestal implementado en la RBM ha sido la forma más efectiva para reducir emisiones por deforestación y degradación. Los resultados a la fecha muestran que la deforestación y ocurrencia de incendios en las áreas concesionadas ha sido mínima siendo un mecanismo efectivo para implementar proyectos REDD. No obstante, la inseguridad en la tenencia de la tierra a largo plazo ha sido la principal limitante para el desarrollo de proyectos de venta de carbono.

3. Reflexión final

El proceso concesionario en la Zona de Uso Múltiple de la Reserva de la Biósfera Maya en Guatemala ha sido un proceso a prueba y error con saldos ampliamente positivos y constituye una escuela para otros sitios con características similares.

Los resultados muestran que el manejo forestal constituye una alternativa efectiva de conservación de los bosques y desarrollo humano sostenible de las comunidades que los habitan.

Referencias

1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. (2015). Evaluación de los recursos forestales mundiales. Compendio de datos. Roma. 253 p. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf>.
2. Poore, D; Burgess, P; Palmer, J; Rietbergen, S; Synott, T. (1989). No timber without trees: Sustainability in the tropical forest. London, Earthscan Publications, 252 p.

3. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. (2010). En busca de casos ejemplares de manejo forestal sostenible en América Latina y el Caribe. FAO. Santiago de Chile, octubre, 2010. 281 p.

4. Schwartz N. (2000). El avance de la frontera organizacional: notas para una nueva historia social (1960-1998). In Encuentro internacional de investigadores: nuevas perspectivas de desarrollo sostenible en Petén. Guatemala. FLACSO/CONAP. p 27.

5. Imbach, A; Gálvez, J. (1999). Análisis y perspectivas del manejo forestal en concesiones comunitarias Petén, Guatemala. MAGA, PAFG, CATIE, CONAP. Guatemala. 37 p.

6. Carrera, F, Morales, J; Gálvez, J. (2000). Concesiones forestales comunitarias en la Reserva de la Biosfera Maya en Petén, Guatemala. Ponencia Magistral presentada al Simposio Internacional de la IUFRO Manejo Integrado de Bosques Húmedos Neotropicales por Industrias y Comunidades. Belém, Pará, Brasil, 4-7 de diciembre 2000.

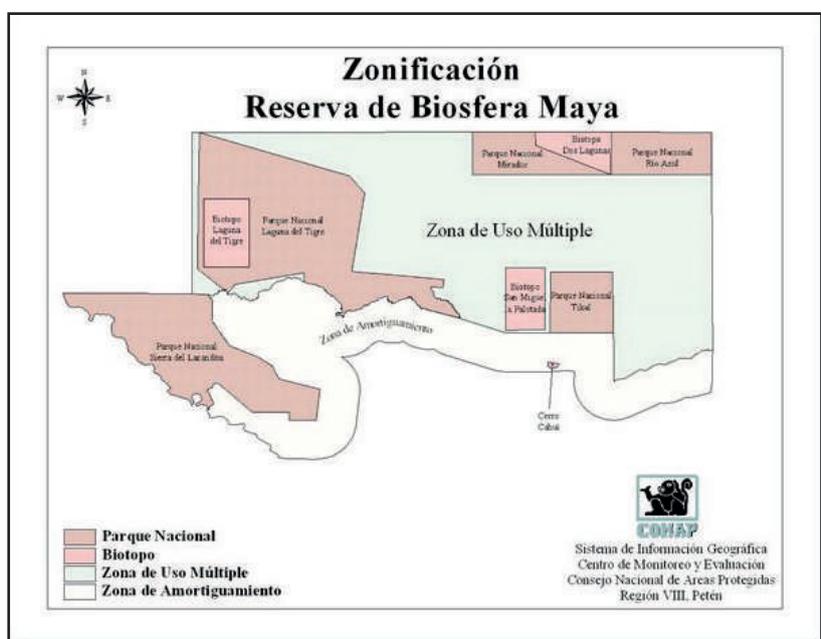


Fig. 1. Zonificación de Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala

Tabla 1. Tipo de organización y fecha de adjudicación de las Unidades de Manejo en la RBM.

No.	Unidad de Manejo	Organización concesionaria	Fecha contrato
Concesiones Comunitarias con Comunidades Residentes			
1	Carmelita	Cooperativa Carmelita R.L.	14/11/1997
2	Uaxactún	Sociedad Civil Organización Manejo y Conservación	7/01/2000
3	Cruce a La Colorada	Asociación Forestal Integral Cruce a la Colorada	12/09/2001
4	La Pasadita	Asociación de Productores Agroforestales La Pasadita	14/11/1997
5	San Miguel La Palotada	Asociación de Productores San Miguel La Palotada	18/05/1994
6	La Colorada	Asociación Forestal Integral La Colorada	12/09/2001
Concesiones Comunitarias con Comunidades No Residentes			
7	Chosquitán	Sociedad Civil Laborantes del Bosque	7/01/2000
8	La Unión	Sociedad Civil Custodios de la Selva	25/02/2002
9	Las Ventanas	Sociedad Civil Arbol Verde	13/02/2001
10	Río Chanchich	Sociedad Civil Impulsores Suchitecos	26/02/1998
11	San Andrés	Asociación Forestal Integral San Andrés Petén	12/01/2000
12	Yaloch	Sociedad Civil El Esfuerzo	25/02/2002
Concesiones Industriales			
13	La Gloria	Baren Comercial S.A.	22/12/1999
14	Paxbán	GIBOR S.A.	21/12/1999

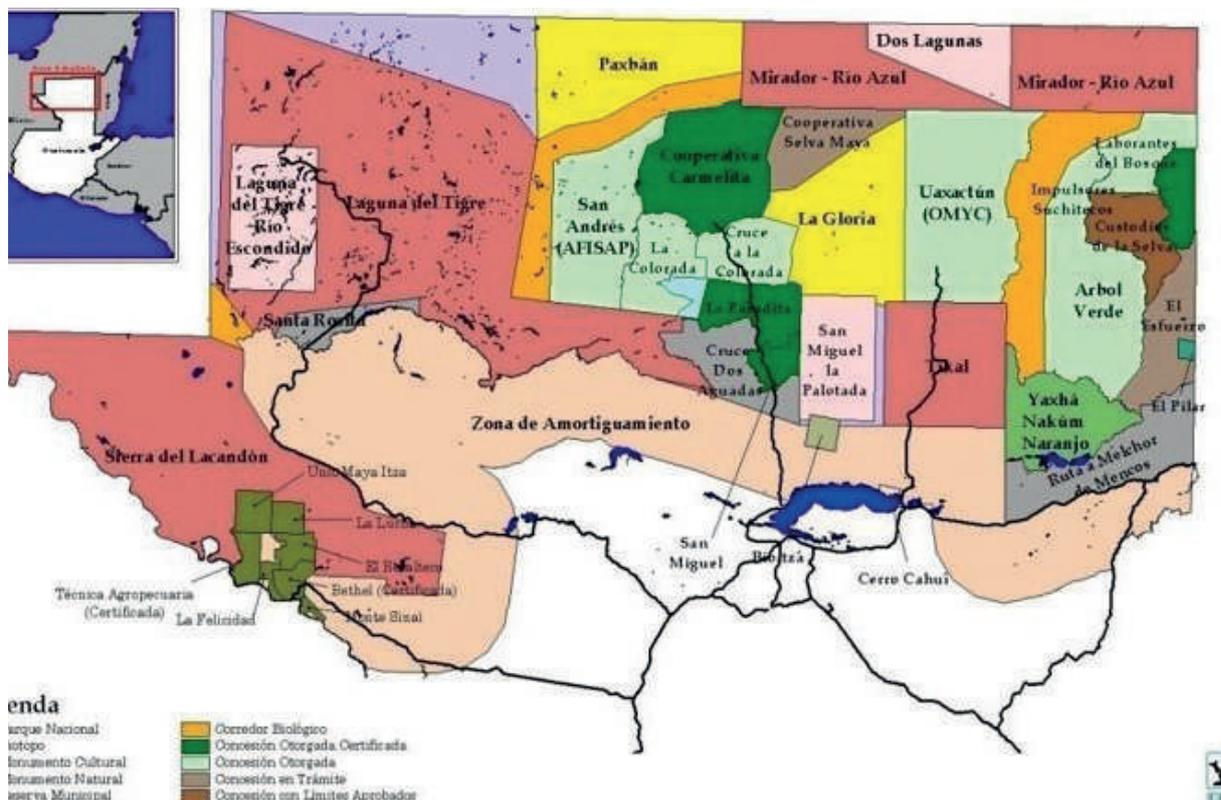


Fig. 2. Concesiones Forestales en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala

Tabla 2. Operaciones certificadas por FSC en la Reserva Biósferas Maya. Petén, Guatemala.

Operación	Superficie (hectáreas)	Concesiones
Sociedad Civil Custodios de la Selva	21 176	Concesión Comunitaria
GIBOR S.A. – Paxban	65 755	Concesión Industrial
BAREN COMERCIAL- La Gloria	66 548	Concesión Industrial
Impulsores Suchitecos de Desarrollo Integral, Sociedad Civil	12 173	Concesión Comunitaria
Cooperativa Integral de Comercialización Carmelita, R.L.	52 904	Concesión Comunitaria
Empresa Comunitaria de Servicios del Bosque, S.A. (FORESCOM)	154 606	Incluye 5 grupos comunitarios: AFISAP, Árbol Verde, Laborantes, UMI,
Sociedad Civil El Esfuerzo	25 386	Concesión Comunitaria
Sociedad Civil Organización, Manejo y Conservación Uaxactun (OMYC).	83 558	Concesión Comunitaria
Total	482 106	

CAPÍTULO III



ARTÍCULOS



**DIVERSIDAD FLORÍSTICA
DE LOS BOSQUES SECOS
PRE MONTANOS**

DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE LOS BOSQUES SECOS PRE MONTANOS.

(Floristic diversity of premontane dry forests)

J. Pico Mendoza (1)*, J. Vizcarra Torres (1), J. Moreira Castro (2), R. Limongi Andrade (3), J. Flor Vínces (1)

(1) Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

(2) Jardín Universitario de la Universidad Técnica de Manabí

(3) Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP, Estación Experimental Portoviejo

*Correspondencia. E-mail: jwpico@utm.edu.ec (J. Pico Mendoza)

RESUMEN

La vegetación que se encuentra presente en gran parte de la zona oeste de Manabí y concretamente la ciudad de Portoviejo corresponde a monte espinoso tropical. Estos bosques han tenido gran perturbación debido al crecimiento demográfico y al incremento de las áreas agrícolas. Una de las colinas con menos intervención son las pertenecientes al Jardín Universitario de la Universidad Técnica de Manabí, donde se caracterizó la riqueza y abundancia de las leñosas perennes presentes. Sus principales resultados indican la presencia de 19 familias entre arbóreas y arbustivas y una riqueza de 38 especies forestales. La mayor abundancia se encuentra en la familia Capparidaceae con 140 individuos, seguidas de la Fabaceae con 71 individuos y la Malvaceae con 59 individuos. La especie con mayor frecuencia absoluta es *C. flexuosa*. El presente estudio permite concluir que en estos remanentes o áreas de reservas aún persiste gran abundancia de especies que deben ser conservadas, y abre un camino para otros estudios de carácter científico que permitan comprender la persistencia de las especies por medio de la dinámica de la regeneración natural, la asociación con la fauna, los mecanismos de la dispersión y la contribución de la gestión política para su conservación y uso.

Palabras claves: taxonomía, inventario florístico, posición sociológica, estudio estructural, regeneración natural.

ABSTRACT

The vegetation present in the western of Manabí, in Portoviejo city, corresponds to spiny tropical scrubland. These forests have been greatly disrupted due to population growth and increased agricultural areas. One of the hills with less intervention of the belonging to the University Garden of the Technical University of Manabí and where the richness and the abundance of the present pearls were characterized. We found 19 families between trees and bushes and a wealth of 38 forest species. The greatest abundance is found in the Capparidaceae family with 140 individuals, followed by the Fabaceae with 71 individuals and the Malvaceae with 59 individuals. The species with the highest absolute frequency is *C. flexuosa*. The present study allows to conclude that in these remnants or reserves areas there is still a great abundance of species that must be conserved, and it opens a way for other scientific studies that allow to understand the persistence of the species through the dynamics of the regeneration nature, association with wildlife, dispersal mechanisms and the contribution of political management to its conservation and use.

Key words: taxonomic, floristic inventory, sociologic position, structural study, natural regeneration.

1. Introducción

Los bosques secos representan el 42% de las áreas tropicales y sub tropical a nivel mundial (1). En Ecuador están presentes en la eco región seca del Litoral y forman parte de la región tumbesina (2).

Estas masas boscosas han sido menos estudiadas y valoradas, por lo que se desconoce la biodiversidad que alberga.

Son consideradas como una de las más amenazadas en términos de extinción biológica, a pesar del flujo génico que aísla, dispersa y diversifica a los bosques secos tropicales (3). Estos ecosistemas han sido fuertemente intervenidos, donde la deforestación, el aumento de las áreas agrícolas y el asentamiento humano, son entre otras, las principales causas de su degradación (4).

La vulnerabilidad de estos ecosistemas, hacen prever escenarios no muy favorables para su conservación, a pesar de su diversidad florística contenida respecto a especies nativas y al grado de endemismo que poseen (5). Además de no considerar sus usos y beneficios en la provisión de servicios eco sistémicos que sustentan a los pueblos y ciudades aledañas. Por tanto, la necesidad de determinar, cuantificar, describir y conservar la flora existente, es de alta prioridad, con la intención de contribuir en la restauración de los paisajes florísticos, así como dar inicio a diversos estudios que permitan entender sus interacciones, efectos y composición de las especies que coexisten en estos hábitat; además de entender como están estructurado los bosques pre montanos, resaltando la permanencia de las especies a través de su grado de regeneración natural como un potencial para el sostenimiento de la flora y fauna de la región. El presente trabajo se trazó como objetivo realizar un inventario florístico mediante una identificación taxonómica para conocer la diversidad de especies vegetales que predominan en el bosque seco monte espinoso tropical en la ciudad de Portoviejo.

2. Materiales y Métodos

2.1 Descripción del sitio

El trabajo se realizó en el Jardín de Reserva Universitario de la Universidad Técnica de Manabí (JRUTM), ubicado en la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí, con una precipitación promedio de 500 mm, temperatura de 25,2°C, humedad relativa 74%, topografía irregular, con vegetación categorizada como monte espinoso Tropical según el diagrama de Holdrige. El tamaño de la muestra fue de 10 000 m² dividida en 20 parcelas circulares de 500 m², donde se realizó un inventario de las especies forestales igual o mayor a cinco cm de diámetro a la altura del pecho (DAP). Cada parcela fue dividida en cinco sub parcelas de 100 m² para el estudio de regeneración natural. Una parcela fue establecida en las cotas 90 y 100; cinco parcelas en las cotas 110, 140 y 170 y tres parcelas en la cota 250. Las muestras botánicas fueron recolectadas e identificadas taxonómicamente en el Jardín Botánico de la Ciudad de Guayaquil, y en el Herbario Nacional del Ecuador (QCNE).

2.2 Parámetros ecológicos determinados

2.2.1 Cociente de mezcla

Con el número de árboles y especies encontrados se determinó el cociente de mezcla, que permite conocer el grado de heterogeneidad del bosque, calculado a partir del número de especies dividido para el número de individuos.

2.2.2 Abundancia absoluta

Definida como el número de individuos por especie presentes en la muestra y posteriormente llevada a porcentaje para calcular la abundancia relativa.

2.2.3 Frecuencia

La frecuencia es el parámetro que mide la distribución de las especies en el bosque, y se la

obtiene en porcentaje con relación al número de sub parcelas en la que está presente la especie; es decir, si la especie está presente en diez parcelas la abundancia absoluta será de 50%, y la frecuencia relativa se obtiene en porcentaje con relación a la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

2.2.4 Dominancia

Determinada como la suma de las áreas basales de todos los árboles de diez o más cm de DAP de cada una de las especies proyectadas sobre el suelo; y la dominancia relativa, que es el porcentaje con el que participa cada especie con relación al área total.

2.2.5 Posición sociológica

En la estructura vertical se estudia la posición sociológica absoluta de las especies, que se obtienen de la distribución de los individuos en los diferentes estratos, que para el caso de bosques tropicales por lo general se considera tres estratos: superior, medio e inferior. Luego se encuentra la posición sociológica relativa que es el valor porcentual con el que participan las especies con relación al valor total de la posición sociología absoluta.

2.2.6 Regeneración natural

Se tomó en cuenta los individuos que se encuentran en el dosel inferior hasta tres metros de altura, clasificándolos en tres categorías: categoría I= 0,10 – 0,50 m; categoría II= 0,51 - 1 m y categoría III= 1,01- 3 m. Para obtener la regeneración natural relativa, se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$RN\% = Ab\% + Fr\% + Cat\% / 3.$$

2.2.7 Índice de valor de importancia (IVI)

Para obtener el IVI nos valemos de los tres parámetros estructurales: Abundancia relativa

(Ab%) + frecuencia relativa (Fr%) + dominancia relativa (D%). Posteriormente se calcula el Índice de valor de importancia absoluta (IVIA) que es igual al IVI + posición sociológica relativa (Ps%) + la regeneración natural relativa (Rn%). Posteriormente se calculan el IVIA relativo (IVIA%) y estableciendo el rango de cada especie, dando como rango uno al IVIA% de mayor valor y así sucesivamente dos y tres hasta llegar al último que tendrá el menor valor. Con estos rangos se analiza y determina los valores cualitativos y cuantitativos del bosque estudiado, así como todas las deducciones importantes referentes al origen, características ecológicas, dinámica y la tendencia del futuro desarrollo del bosque (Tabla 1).

3. Resultados y discusiones

En el estudio taxonómico y fitosociológico realizado en el Jardín Universitario de la Universidad Técnica de Manabí, se han encontrado especies típicas del bosque seco tropical, donde por su altura y voluminoso tallo sobresale la *Ceiba pentandra*, *Erytheca ruizii*, *Bursera graveolens*, *Erythrina velutina*, además de las diferentes especies del género *Capparis* en las cuales predominan por su abundancia y por estar siempre verde, los mismos que conjuntamente con otras especies encontradas, son característicos de este tipo de bosque.

3.1 Cociente de mezcla y biodiversidad

El valor de este cociente se encuentra entre 1/8 a 1/9, lo que demuestra que es un bosque heterogéneo. Los árboles evaluados pertenecen a 38 especies, de las cuales dos familias no fueron identificadas; 28 géneros más dos no identificados; 18 familias con 27 arvenses, donde mantienen relación con los resultados expuestos por (6-7-8).

3.2 Abundancia

Las especies con diámetros igual o mayor a cinco cm de DAP encontrados en las parcelas

muestreadas corresponden a 382 individuos, de los cuales el 73% son de un solo fuste, 20% de dos fustes, y un mínimo porcentaje entre tres y cuatro fustes. El mayor número de individuos pertenecen a la familia Caparidácea, continuando con los individuos de las familias Fabácea (Mimosoidea, Caesalpinoidea y Faboidea) Malvácea, Cactácea, Burserácea, Eritroxilácea, que suman un total de 322 individuos representando el 84,29%, coincidiendo con lo reportado por (9) y (10). Las familias Theoprastaceae, Euprorbiaceae, Sapotácea y Bixácea, con 35 individuos, representan el 9,16%, las familias Boraginácea, Caricácea, Rhamnaceae, Nictaginácea, Rutácea, Malpigiácea, Opiliaceae y Solanácea con 20 individuos representan el 5,23% y dos individuos de familias no identificadas representan el 0,52%. En lo que respecta a especies, seis de estas representan el 53,92% de la abundancia con 206 individuos, de los cuales *C. flexuosa* tiene 90, *E. ruizii* 37, *C. pentandra* 22, *Erythroxylum patens* 20, *Pilocereus tweedyanus* 19, *B. graveolens* con 18 individuos; 22 especies representan el 43,40% de la abundancia con 119 individuos, once especies con un individuo cada uno representa el 2,68% (Fig. 1), cuyas especies se reportan en estudios desarrollados en la Reserva Ecológica Arenillas (11). Según (12) hay tres familias muy comunes en los bosques tropicales estacionales secos como los Caparidácea, Cactácea y Eritroxilácea, coincidiendo con las reportadas en el presente estudio, además, una de sus principales características es la presencia de espinas en la mayoría de sus especie (13).

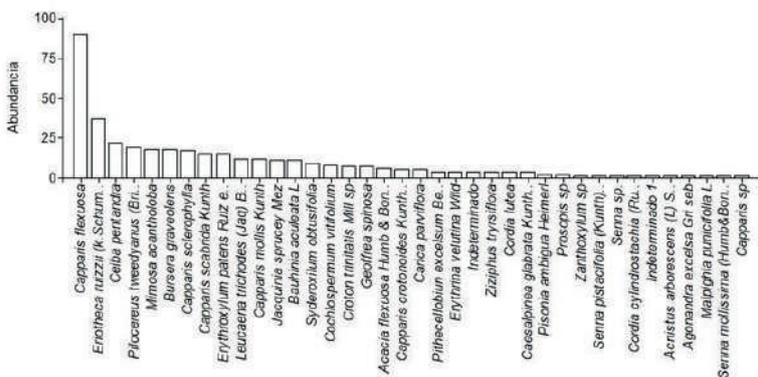


Fig. 1. Ranking de abundancia de las especies del área de reserva del Jardín Universitario de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.

3.3 Frecuencia

Las especies de mayor frecuencia determinadas en el bosque pre montano de la ciudad de Portoviejo, destacan *C. flexuosa*, *E. ruizii*, *C. pentandra*, *P. tweedyanus*, *Mimosa acantholoba*, *Capparis sclerophylla*, *Capparis scabrida* y *E. patens*, *B. graveolens* (Fig. 2). Esta última identificada como una especie con potencial dendroclimático para la reconstrucción del clima (14). Este parámetro está relacionado con las especies de mayor abundancia, coincidiendo por lo expuesto por (9). Si bien, estas especies son características de este tipo de ecosistemas, su distribución como abundancia están condicionadas a factores ambientales (15) tales como precipitaciones (16) suelo (17) y probablemente al manejo y aprovechamiento que las comunidades obtengan de estos.

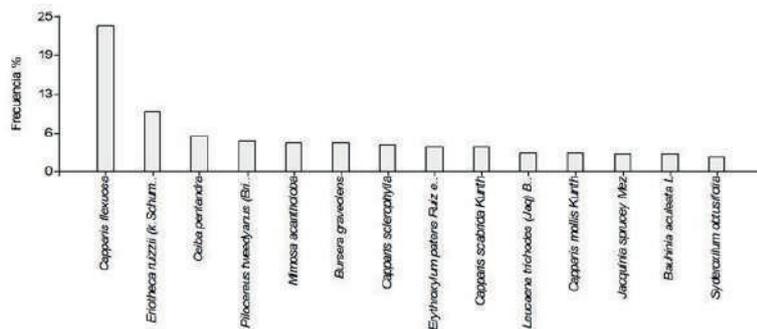


Fig. 2. Frecuencia de las especies encontradas en el Área de Reserva del Jardín Universitario de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.

3.4 Dominancia

E. pentandra fue la especie de mayor dominancia absoluta con 5,38m², y representa el 50% de la dominancia total, teniendo una distribución uniforme en toda el área; seguido por *E. ruizii* con 1,57m² y el palo santo *B. graveolens* con 0,77m², que son los árboles con mayor diámetro. *C. flexuosa* y *E. velutina* también son árboles de buen diámetro, y tienen únicamente 0,44 y 0,30m², debido a que son de poca abundancia (Fig. 3). *Pithecellobium excelsum* y *C. scabrida* tienen una dominancia de 0,25m² cada uno. Las demás especies presentaron dominancia menores a 0,25m², caracterizadas por poca abundancia que

van entre uno a cuatro árboles por hectárea. La dominancia absoluta de estas siete especies, contribuyen con el 90%, cuya característica de esta vegetación es que pierden sus hojas durante el periodo seco (10) (18).

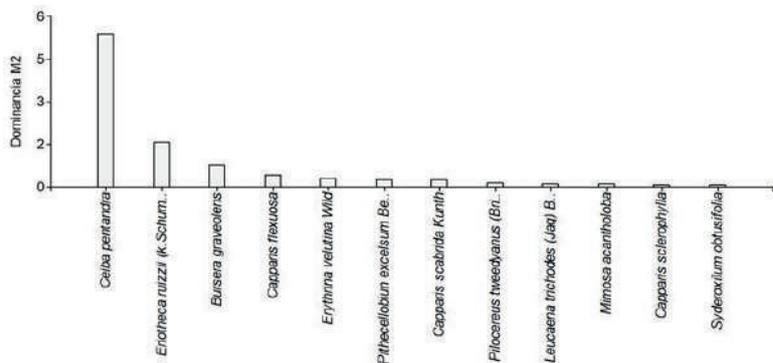


Fig. 3. Dominancia de las principales especies del Área de Reserva del Jardín Universitario de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.

3.5 Análisis de la estructura vertical

Este análisis contribuye a determinar el dinamismo y la tendencia que tiene los ecosistemas forestales, destacando la importancia de los bosques monte espinoso tropical por la biodiversidad que alberga. Presumiendo sobre la distribución y permanencia de las especies, así como determinar la vigorosidad o la fragilidad de cada una de ellas. Si una especie se encuentra solo en los estratos medio y superior y no tiene regeneración natural; se entiende que cuando mueran los individuos existentes, desaparecerían de estos nichos ecológicos. Las especies que se regenera bien y tienen una amplia abundancia y frecuencia dentro de estos bosques, tienen asegurada su sobrevivencia por existir suficientes descendientes en los niveles inferiores que a lo posterior reemplazarán aquellos que mueren.

3.6 Posición sociológica

Para analizar este parámetro, se han tomado en cuenta los árboles mayores o iguales a 5cm de DAP y se han distribuido según su altura en tres pisos o estratos (Fig. 4) de la siguiente manera: piso superior 42, piso medio 161 y piso inferior 179, dando un total de 382 árboles.

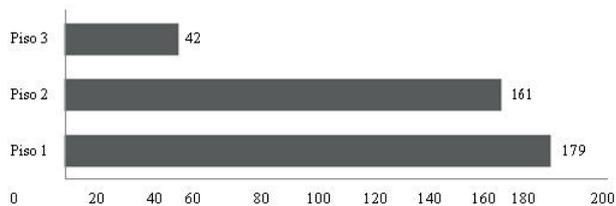


Fig. 4. Representación del número especies presentes en cada piso altitudinal en Área de Reserva del Jardín Universitario de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.

En cuanto a las especies, en el piso superior encontramos *C. pentandra* con 16 árboles, *E. ruizii* 14, *B. graveolens* 5, *C. vitifolium* 3, *P. ambigua* 2, *L. trichodes* y *Prosopis sp.* Con un individuo respectivamente. En el piso medio las especies con mayores representantes fueron *C. flexuosa* con 36 árboles, *E. ruizii* 19, *M. acantholoba* 14, *B. graveolens* 12, *L. trichodes* 11, *C. scabrada* 11, *P. tweedyanus* 10 y *S. obtusifolia* con 9 individuos. Las especies *C. pentandra*, *Geoffrea spinosa* y *E. patens* con cuatro individuos en esta categoría. El piso inferior el que tiene mayor abundancia es *C. flexuosa* con 54 arbolitos, *C. sclerophylla* 15, *Jacquinia sprucey* 11, *C. mollis* 11, *E. patens* 11, *P. tweedyanus* 9, *Bauhinia aculeata* 8, *Croton trinitratis* 6, *Croton crotonoides* y *Carica parviflora* 5 cada una. De acuerdo a esta distribución de especies, estos ecosistemas son altamente dinámicos y muchas veces impredecibles. Si tomamos en cuenta los valores absolutos estos bosques ofrecen una distribución sociológica regular, es decir, el número de individuo disminuye gradualmente a medida que ascienden en el sentido vertical de la comunidad. Sin embargo, la distribución de las especies a nivel de estratos nos indica lo contrario, no cumpliéndose este principio en su totalidad, como el caso de *C. pentandra* que presenta una mayor dominancia en el piso superior, reduciéndose significativamente en los estratos medio a bajo hasta su total ausencia en la regeneración natural, coincidiendo con los estudios realizados por (19). Esta situación podría generar cierta incertidumbre, debido a que esta especie a pesar de estar posesionada en el paisaje, principalmente del piso superior, no se garantiza su sostenibilidad por su ausencia a nivel de la regeneración natural con individuos juveniles que compartan estos hábitats.

3.7 Regeneración natural

Las once especies con mayor abundancia de regeneración natural son las siguientes: *C. trinitatis* 142, *C. crotonoide* 56, *Sideroxilum obtusifolia* 47, *Senna pistacifolia* 40, *G. espinosa* 39, *C. mollis* 37, *Ziziphus thirsiflora* 25, *P. tweedyanus* 24, *E. patens* 19, *M. acantholoba* 18 y *C. flexuosa* con 14. Las cuales nos lleva a concluir que son las especies con mayor probabilidad de sobrevivir en este ecosistema. La (Fig. 5) muestra la distribución vertical de la regeneración natural, donde el estrato inferior y superior mantiene casi la misma cantidad de individuos; mientras que en la categoría intermedia sus valores se reducen en un 50%, lo que podría suponer que en los últimos años, las condiciones climáticas desfavorables, actividades de quema de la vegetación u otra actividad antropogénica incidieron en el desarrollo de las especies.

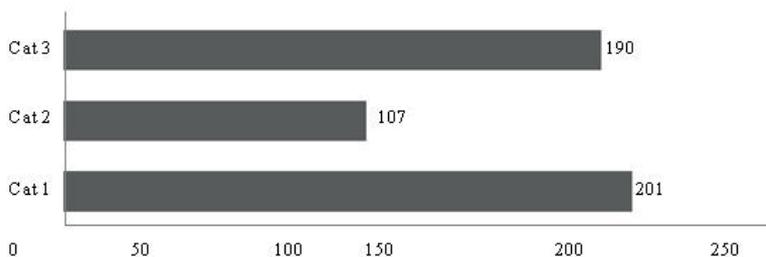


Fig. 5. Representación de las categorías en la regeneración natural de las especies del Área de Reserva del Jardín Universitario de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.

En el levantamiento estructural numérico de la regeneración natural, la cat. II tiene el menor número individuos con 107 con respecto a la cat. III que tiene 201, lo que hace suponer que en los

últimos años existió algún factor anómalo para que se presente este fenómeno, como pueden ser condiciones climáticas desfavorables que han ocasionado una fuerte selección natural, eliminando muchos individuos en el desarrollo de la cat. I a la cat. II. Teóricamente en la dinámica de la regeneración natural depende de varias condiciones, que con frecuencia son muy diferentes, según la especie que se trate. En todo caso son indispensables las siguientes condiciones: 1) Que la producción de las semillas sea abundante, frecuente, y viables; 2). Que las condiciones climáticas y edáficas del área sean adecuadas para la germinación y desarrollo y 3) Que no existan depredadores de semillas y plántulas. En el caso de ecosistemas secos, es poco probable que existan estos tres factores, incidiendo en la regeneración en la mayoría de las especies. De acuerdo a los resultados en esta investigación, se determinó que de las 38 especies que compone este bosque, 25 especies tienen regeneración natural, es decir el 65,78%, y de este porcentaje, doce especies poseen entre uno a cinco individuos como regeneración, cuya proporción es baja y no garantiza que esas especies puedan sostenerse en el tiempo. La mayoría de los individuos fructifican y producen semillas con regularidad, sin embargo, las semillas de algunas de ellas, pierden rápidamente su poder germinativo, por lo que si las condiciones climáticas no han llegado a tiempo, no hay germinación, sumando a esto los posibles impactos de cambio climático que puedan incidir en la conservación de estos bosques (20).

Tabla 1. Valores relativos del bosque seco del área de reserva del jardín universitario de la Universidad Técnica de Manabí

		Abundancia	Frecuencia	Dominancia	Posición				
Especies		%	%	%	Sociológica %	RN %	IVIA	IVIA %	
<i>Acacia flexuosa</i> H & B		1,57	1,57	0,16	1,70	0,00	5,00	1,00	
<i>Acnistus arborescens</i> (L)		0,26	0,26	0,02	0,12	0,14	0,81	0,16	
<i>Agonandra excelsa</i> Gri seb		0,26	0,26	0,02	0,06	0,00	0,60	0,12	
<i>Bauhinia aculeata</i> L		2,88	2,88	0,23	0,18	0,18	6,35	1,27	
<i>Bursera graveolens</i>		4,71	4,71	7,72	2,67	0,00	19,81	3,96	

<i>Caesalpinea glabrata</i> Kunth.			1,05	1,05	0,24	1,58	0,00	3,91	0,78
<i>Capparis crotonoides</i> Kunth.			1,31	1,31	0,17	0,61	3,14	6,53	1,31
<i>Capparis flexuosa</i>			23,56	23,56	4,44	16,38	0,00	67,94	13,59
<i>Capparis mollis</i> Kunth			3,14	3,14	0,45	38,23	25,05	70,02	14,00
<i>Capparis scabrida</i> Kunth			3,93	3,93	2,45	3,34	0,36	14,00	2,80
<i>Capparis sclerophylla</i>			4,45	4,45	0,77	4,98	0,00	14,65	2,93
<i>Capparis sp</i>			0,26	0,26	0,02	0,91	0,00	1,45	0,29
<i>Carica parviflora</i>			1,31	1,31	0,14	0,30	0,00	3,07	0,61
<i>Ceiba pentandra</i>			5,76	5,76	53,82	0,61	0,00	65,94	13,19
<i>Cochlospermum vitifolium</i>			2,09	2,09	0,53	3,76	0,07	8,56	1,71
<i>Cordia cylindrostachia</i>			0,26	0,26	0,00	0,18	0,00	0,71	0,14
<i>Cordia lutea</i>			1,05	1,05	0,24	0,12	0,25	2,71	0,54
<i>Croton trinitatis</i> Mill sp			1,83	1,83	0,19	0,85	2,74	7,45	1,49
<i>Eriotheca ruizzii</i> (k.Schum.)			9,69	9,69	15,73	2,61	0,04	37,75	7,55
<i>Erythrina velutina</i> Wild			1,05	1,05	2,98	3,70	0,00	8,78	1,76
<i>Erythroxylum patens</i> Ruiz e			3,93	3,93	0,48	1,40	0,29	10,02	2,00
<i>Geoffrea spinosa</i>			1,83	1,83	0,65	2,97	0,00	7,28	1,46
Indeterminado			1,05	1,05	0,10	0,73	0,58	3,50	0,70
Indeterminado 1			0,26	0,26	0,00	0,24	0,00	0,77	0,15
<i>Jacquinia sprucey</i> Mez			2,88	2,88	0,44	0,67	0,29	7,16	1,43
<i>Leucaena trichodes</i> (Jaq)			3,14	3,14	1,07	0,00	0,00	7,36	1,47
<i>Malpighia puniceifolia</i> L			0,26	0,26	0,02	0,00	0,00	0,54	0,11
<i>Mimosa acantholoba</i>			4,71	4,71	0,94	0,24	0,00	10,60	2,12
<i>Pilocereus tweedyanus</i>			4,97	4,97	1,50	10,68	0,76	22,89	4,58
<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl			0,52	0,52	0,64	0,00	0,00	1,69	0,34
<i>Pithecellobium excelsum</i>			1,05	1,05	2,48	0,00	0,00	4,57	0,91
<i>Prosopis sp</i>			0,52	0,52	0,35	0,12	0,00	1,52	0,30
<i>Senna mollissima</i>									
(Humb&Bon.)			0,26	0,26	0,02	0,00	0,00	0,54	0,11
<i>Senna pistacifolia</i> (Kunth).			0,26	0,26	0,02	0,00	0,00	0,54	0,11
<i>Senna sp.</i>			0,26	0,26	0,00	0,00	0,00	0,53	0,11
<i>Syderoxilum obtusifolia</i>			2,36	2,36	0,69	0,00	35,58	40,98	8,20
<i>Zanthoxylum sp</i>			0,26	0,26	0,01	0,00	0,04	0,57	0,11
<i>Ziziphus tryrsiflora</i>			1,05	1,05	0,27	0,06	30,50	32,92	6,58
Total			100	100	100	100	100	500	100

4. Conclusiones

A pesar del grado de intervención que poseen estos bosques, las colinas del Jardín Universitario de la Universidad Técnica de Manabí aun cuenta

con un remanente de bosques que mantiene un alto grado de especie nativas, sin embargo, la presencia de especies maderables consideradas valiosas y de gran valor comercial están ausentes; lo que indica que en el pasado existió una alta

perturbación. La alta densidad de especies en estos bosques se debe posiblemente a su estatus de “protegida”. Existe dominancia en el potencial de la regeneración natural de pocas especies, lo cual denotan la necesidad de empezar campañas de conservación y restauración de paisajes que permitan recuperar especies con poca regeneración natural.

Agradecimientos

A la Universidad técnica de Manabí por el soporte económico en el desarrollo de la investigación, y al Jardín Universitario por el apoyo logístico y predisposición para el desarrollo de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores afirman que no existe ningún problema de interés y están de acuerdo para su publicación.

Referencias

1. Murphy, P., & Lugo, A. E. (1995). Dry forest of Central America and the Caribbean. In: Bullock S.H., Mooney H.A. & Medina E. (Eds.). *Seasonally dry tropical forests*: 9-34. Cambridge University Press.
2. Sánchez, O., Kvist, L. P., & Aguirre, Z. (2006). Bosques secos en Ecuador y sus plantas útiles. *Botánica Económica los Andes Cent.*, pp. 188–204.
3. Pennington, R. T., & Lavin, M. (2017). Dispersal, isolation and diversification with continued gene flow in an Andean tropical dry forest. *Mol. Ecol.*, vol. 26, no. 13, pp. 3327–3329.
4. Best, B. J., & Kessler, M. (1995). Biodiversity and Conservation in Tumbesian Ecuador and Perú. *Cambridge, U. K. BirdLife Int.*, p. 218.
5. Melo, O., Fernández Méndez, F., & Villanueva, B. (2017). Hábitat lumínico, estructura, diversidad y dinámica de los bosques secos tropicales del Alto Magdalena. *Colombia. For.*, vol. 20, no. 19, pp. 19–30.
6. Valverde, M., Rodríguez, T., & García, R. C. (1991). Estado actual de la vegetación natural de la Cordillera Chongón-Colonche. Guayaquil: Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.
7. Marcelo Peña, J. L., Reynel Rodríguez, C., Zevallos, P., Bulnes Soriano, F., & Arco, A. P. (2007). Diversidad, composición florística y endemismos en los bosques estacionalmente secos alterados del distrito de Jaén, Perú. *Ecol. Apl.*, vol. 6, no. 1,2, pp. 9–22.
8. Aguirre, Z., Buri, D., Betancourt, Y., & Greda, L. (2014). Composición florística, estructura y endemismo en una parcela permanente de bosque seco en Zapotillo, provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, vol. 21, no. 1, pp. 165–178.
9. Gentry, A. (1995). Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In S. Bullock, H. Mooney, & E. Medina (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests* (pp. 146-194). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511753398.007.
10. Aguirre, Z., & Kvist, L. S. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica los Andes Cent.*, no. 8, pp. 162–187.
11. Espinosa, C. I., De la Cruz, M., Jara Guerrero, A., Gusmán, E., & Escudero, A. (2016). The effects of individual tree species on species diversity in a tropical dry forest change throughout ontogeny. *Ecography (Cop.)*. vol. 39, no. 3, pp. 329–337.
12. Mayle, E. (2004). Assessment of the Neotropical dry forest refugia hypothesis in the light of palaeoecological data and vegetation model simulations. *J. Quat. Sci.*, vol. 19, no. 7, pp. 713–720.

13. Pennington, R. T., Prado, D. E., & Pendry, C. A. (2000). Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *J. Biogeogr.*, vol. 27, no. 2, pp. 261–273.

14. Pucha Cofrep, D., Peters, T., & Bruning, A. (2015). Wet season precipitation during the past century reconstructed from tree-rings of a tropical dry forest in Southern Ecuador. *Glob. Planet. Change*, vol. 133, pp. 65–78.

15. Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Technische Zusammenarbeit (GTZ). Alemania. p. 335.

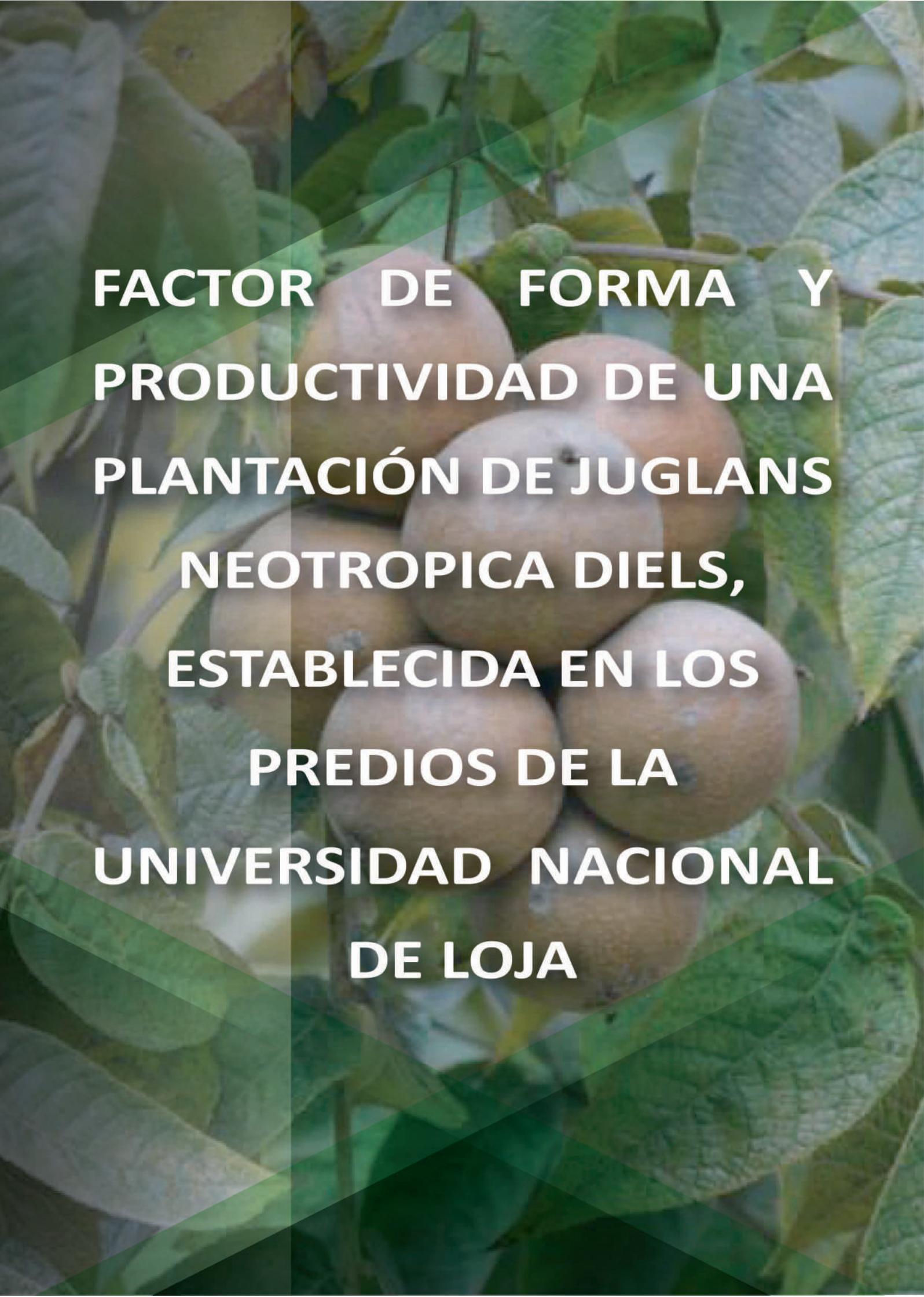
16. Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, vol. 75, no. 1, p. 1.

17. Clark, D. B., Clark, D. A., & Read, J. M. (1998). Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *J. Ecol.*, vol. 86, no. 1, pp. 101–112.

18. Espinosa, C. I., De la Cruz, M., Luzuriaga, L., & Escudero, A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas*, vol. 21, no. 1–2, pp. 167–179.

19. Aguirre, Z., Betancourt Figueras, Y., & Greda, L. (2013). Regeneración natural en los bosques secos de la provincia de Loja y utilidad para el manejo local. *Rev. CEDAMAZ*, vol. 3, no. 1, pp. 54–65.

20. Aguirre et al. (2017). Potential impacts to dry forest species distribution under two climate change scenarios in southern Ecuador. *Neotrop. Biodiverse*. vol. 3, no. 1, pp. 18–29.



**FACTOR DE FORMA Y
PRODUCTIVIDAD DE UNA
PLANTACIÓN DE JUGLANS
NEOTROPICA DIELS,
ESTABLECIDA EN LOS
PREDIOS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LOJA**

Factor de forma y productividad de una plantación de *Juglans neotropica* Diels, establecida en los predios de la Universidad Nacional de Loja.

(Form Factor and productivity of a plantation of *Juglans neotropica* Diels, established in the predios of the National University of Loja)

B. Palacios (1)*, Z. Aguirre (1), D. Pucha (1), M. Jonathan (2), C. Armijos (2), C. Feijoo (2), J. Jumbo (2), A. Rojas (2)

(1) Docente Investigador, Universidad Nacional de Loja.

(2) Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja

*Correspondencia. E-mail: byron.palacios@unl.edu.ec (B. Palacios)

RESUMEN

Se estudió una plantación de *Juglans neotropica* Diels en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación "Francisco Vivar C." (PUEAR) de la Universidad Nacional de Loja con el objetivo de conocer: el factor de forma (f), la diferencia de variables dasométricas entre distintos instrumentos de medición (forcípula, cinta métrica, y diamétrica), crecimiento y productividad a través de un modelo matemático que permite construir tablas de volumen. Para ello, se realizó primeramente un censo de la plantación en un área neta de 8 000 m² registrando todos los individuos con diámetros ≥ 10 cm de DAP. Los resultados dieron un factor de forma para la especie *Juglans neotropica* Diels de 0,86. No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre variables dasométricas medidas con los diferentes instrumentos de medición. De allí, el DAP tuvo gran similitud con un valor p-valor= 0,95, el Gm² con un p-valor= 0,97, la altura comercial con p-valor= 0,81, y la altura total con p-valor= 0,43. El volumen comercial calculado, tanto con los valores del Sunnto y Haga obtuvieron una alta significancia con un p-valor = 0,99. La productividad de esta plantación resultó en 265 m³/ha de volumen total y 95 m³/ha de volumen comercial. El modelo matemático para la construcción de la tabla volumétrica fue $V = -0,36 + 0,03X$ con una correlación de $r^2 = 0,82$.

Palabras claves: plantación, factor de forma, volumen, productividad.

ABSTRACT

A plantation of *Juglans neotropica* Diels was studied in the Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación "Francisco Vivar C." (PUEAR) of the Universidad Nacional de Loja with the objective to know: the form factor (f), the difference of dasometric variables between different measuring instruments (tree caliper, tape measure, and diameter tape), growth and productivity through a mathematical model that allows to construct tables of volume. To do this, a census of the plantation was first carried out in a net area of 8 000 m² recording all individual trees with diameters ≥ 10 cm of DAP. The results revealed a form factor for the species *Juglans neotropica* Diels of 0, 86. No statistically significant differences were found between dasometric variables measured with different measuring instruments. From there, the DAP had great similarity with a value p-value= 0, 95, the Gm² with a p-value= 0, 97, the commercial height with p-value= 0, 81, and the total height with p-value= 0, 43. The calculated trading volume, both with the Sunnto and Haga values obtained a high significance with a p-value = 0, 99. The productivity of this plantation resulted in 265 m³/ha of total volume and 95 m³/ha of commercial volume. The mathematical model for the construction of the volumetric table was $V = -0, 36 + 0.03X$ with a correlation of $r^2 = 0, 82$.

Key words: plantation, tree form factor, volume, productivity.

1. Introducción

Probablemente son pocas las discrepancias que hay entre los encargados del manejo de bosques en cuanto a que la capacidad de estimar el volumen de los árboles y de los rodales y proveer lo que producirá el bosque en diferentes sitios con diferentes tratamientos silvícolas (1).

Calcular el volumen de madera de los árboles es una actividad que demanda tiempo, dinero, y difícil de llevar a cabo de manera confiable. El problema en sí mismo ni es tan simple, ni es tan claramente definido como parece. Es necesario determinar, tan preciso como sea posible la naturaleza del volumen requerido, tal como: biomasa leñosa total, biomasa de los fustes para madera aserrable o comercial. Una vez que el volumen o los volúmenes requeridos han sido especificados debe definirse la manera de medición. En esta rama de la Silvicultura Tropical, las prácticas forestales son muy primitivas y variadas, por tal razón es importante unificarlas con las pocas técnicas modernas de modo que sea posible establecer comparaciones validas entre estimaciones hechas por diferentes personas en diferentes escenarios. (1).

Siendo este artículo un referente de como determinar o estimar el volumen de árboles en pie, se enfoca en los métodos más sencillos y no se mencionan técnicas sofisticadas que solamente pueden ser aplicadas por instituciones de investigación bien equipadas. Además este artículo está destinado principalmente a los forestales que manejan bosques tropicales, donde sus mayores problemas radican en la determinación o estimación de volumen de madera proveniente de plantaciones forestales para combustible o como materia prima para el abastecimiento de empresas forestales y aserraderos locales

Por otra parte según (2), mencionan que los métodos tradicionales de cubicación de madera se ajustan a modelos matemáticos preexistentes para especies y áreas específicas, dado que se debe apearse un número importante de árboles en pie.

Por lo antes mencionado este artículo indica la forma más sencilla de cubicar los árboles en pie utilizando diferentes instrumentos de medición de alturas (H) como secciones transversales (DAP130m) sin necesidad de apearse, derribar o tumbar, para conocer su volumen real como estimado tanto comercial como total. Es por ello que el siguiente artículo presenta los resultados del inventario forestal realizado en una Plantación Forestal de Juglans neotropica, ubicada en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación (PUEAR) de la Universidad Nacional de Loja. Con la finalidad de conocer la eficiencia de cada instrumento de medición de variables dasométricas para estimar el volumen m^3 de los árboles se ha planteado los siguientes objetivos: Determinar el factor de forma comercial para la especie forestal de Juglans neotropica y comparar el crecimiento de cuatro variables dasométricas tales como: DAPcm, Gm^2 , Htm, Vm^3 de Juglans neotropica utilizando varios instrumentos de medición.

2. Metodología

El área de estudio se realizó en la ciudad y cantón de Loja parroquia Punzara, barrio la Argelia, sector Universidad Nacional de Loja, lugar Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional Francisco Vivar Castro (PUEAR) (Fig. 1), el mismo que cuenta con dos microcuencas una llamada "León Huaico" y la otra "Los Cedros" Según (3), toda el área presenta una superficie aproximada de 99,1 hectáreas, con una elevación de 2 170 a 2 500 m.s.n.m; y los ecosistemas corresponde a bosque nativo, bosque plantado de nogal, eucalipto más matorral, pino más matorral, eucalipto más pino, matorral, paramo antrópico sección de arboreto más frutales y área recreativa. Según Climate-Date.Org (2 017), presenta un clima-tropical, hay precipitaciones durante todo el año, la temperatura media anual es de 16,7 °C y una precipitación alrededor de 1 058 mm/año. En la actualidad la principal actividad es la restauración y conservación de los recursos naturales existentes en el área.

El sitio donde se realizó la investigación fue en el

Bosque plantado de Nogal, ubicado dentro de la microcuenca “Los cedros”. Tiene una superficie aproximada de 0,7 hectáreas, con una elevación de altitud de 1 170 – 2 230 m s.n.m.

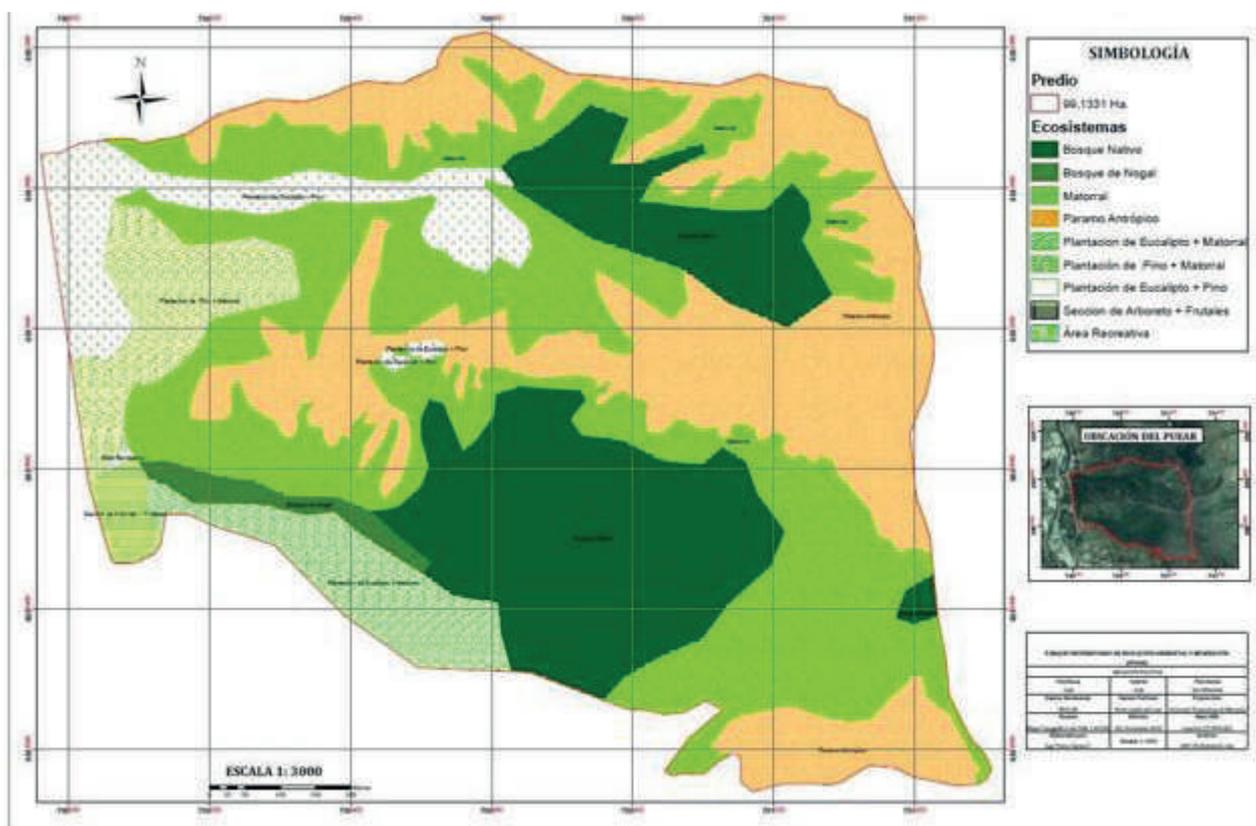


Fig. 1. Mapa del parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional Francisco Vivar Castro (PUEAR)

2.1. Descripción de la plantación de *Juglans neotropica*

El estudio consiste en determinar el factor de forma verdadero (Fv); la estimación del crecimiento de variables dasométricas medidas y comparadas con diferentes instrumentos de medición, así como también elaborar una tabla de volumen de doble entrada de una plantación de *Juglans neotropica*, plantada aproximadamente hace 50 años, con fines de conservación, enriquecimiento y producción de madera.

2.2. Procedimiento de muestreo y medición de variables

Para la toma de datos dasométricos de la plantación, primeramente se analizó el tipo de inventario forestal a realizar a la misma. Una vez determinado el tipo de inventario, se

procedió a delimitar el área neta del bosque plantado de *Juglans neotropica*, con la ayuda de un GPS. Luego se identificaron y registraron todos los individuos de *Juglans neotropica* ≥ 10 cm de DAP 1,30 m presentes en área de estudio. Seguidamente se realizó algunos tratamientos silviculturales tales como: limpieza del fuste, liberación de bejucos y lianas presentes en el fuste de la especie, con la finalidad de que no sesgue la información al momento de realizar las mediciones de secciones transversales a lo largo de la altura comercial del fuste así como la altura total de árbol.

Posteriormente se procedió a marcar el DAP 1,30 m de todos los individuos con spray de color rojo, así como también la colocación de placas de aluminio. Las placas fueron colocadas con clavos a 20 cm por encima del punto de medición del diámetro (1,5 m). La toma de datos fue registrada en formularios estandarizados para plantaciones

forestales, registrándose información como nombre común, científico, familia, DAP, altura comercial, total, sanidad del árbol, calidad de fuste y posición en X, Y y Z.

2.3. Factor de forma real de la especie *Juglans neotropica*

Para determinar el factor de forma real del fuste de *Juglans neotropica* en pie, se seleccionaron 25 árboles con DAP > a 30 cm, correspondiendo a una muestra del 35% del número de árboles encontrados en las tres últimas clases diamétricas. Posteriormente se calculó el volumen comercial, volumen del cilindro y finalmente el factor de forma. Para ello se aplicó la siguiente fórmula propuesta por (4).

Dónde: $F = V_r/V_c$

F = Factor de forma

V_r = Volumen real del árbol

V_c = Volumen del cilindro

Volumen real

Con la información registrada de las variables dasométricas se procedió a realizar el cálculo de volumen real, aplicando la fórmula de Smalian; obteniendo volumen de la troza, tanto con corteza como sin ella.

$V_{m3 \text{ troza}} = (S_0 + S_1) / 2 \times L$

Dónde:

S₀ = Sección transversal mayor de la troza

S₁ = Sección transversal menor de la troza

L = Largo de la troza

$V_{m^3 \text{ Real}} = \sum \text{de Vol. Individ. de trozas}$

$V_{m^3 \text{ Real}} = \text{Troza 1} + \text{Troza 2} + \dots + \text{Troza n}$

Volumen del cilindro

$V_c = G \times H$

Dónde

G_{m2} = Área basal del individuo

H_m = Altura comercial del individuo

2.4. Calculo de Variables Dasométricas y Volumétricas DAP 1,30 m

Para la medición de la variable dasométrica DAP (diámetro a la altura del pecho), se la realizo con tres instrumentos de medida: cinta métrica (CAP), cinta diamétrica (DAP) y forcípula (DAP), todas las mediciones fueron tomadas a una altura estandarizada de 1,30 metros sobre el nivel del suelo.

2.5. Altura Comercial (HCm)

Para la medición de altura comercial del árbol en pie se realizó con dos instrumentos de medición: Hipsómetro de Sunnto y Haga, bajo los siguientes criterios técnicos: presencia de ramificaciones sobresaliente, bifurcaciones sobresalientes, torceduras del fuste.

2.6. Altura Total (HTm)

La altura total se realizó al igual que la altura comercial con dos instrumentos: Hipsómetro de Sunnto y Haga, la diferencia entre la altura comercial y total esta última no considera los criterios técnicos tomados en cuenta en la altura comercial.

2.7. Área Basal (Gm²)

Para calcular el área basal del árbol en pie se aplicó la siguiente fórmula propuesta por (4).

$\hat{G} = DAP^2 \times 0,7854$

Dónde:

DAP m² = Sección transversal medida a 1,30m sobre el nivel del suelo

0,7854 = Constante

Cálculo de variables volumétricas

Para realizar la estimación de las variables volumétricas de los individuos en pie de *Juglans neotropica*, se aplicó las siguientes fórmulas propuestas por (4):

$V_{m^3} = G \times H \times F$

$V_{m^3} = a + b \text{ (DAP)}$

Dónde:

Vm^3 = Volumen de madera

Gm^2 = Área basal de la población

H m = Altura comercial o altura total

F = Factor de forma

a,b = constantes de regresión

DAP = Diámetro a la altura del pecho

2.8. Tabla de volumen de doble entrada

La toma de datos se realizó de árboles en pie, utilizando varios instrumentos de medición tanto de altura como de diámetro.

En base a los resultados obtenidos de las ecuaciones de volumen, se construyó las tablas de volumen con corteza y sin corteza, utilizando para cada variable rangos de clase altura y diámetro aprovechable de 10 cm.

2.9. Análisis de datos

Se realizó el análisis de estadística descriptiva (media, desviación estándar, mínima, máxima). Así como también se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias (TUKEY) con un nivel de significancia de 0,05 % de error para las variables dasométricas (DAP, HT, G, F, V), y así poder determinar el efecto del potencial de crecimiento que desarrollaron en la especie forestales *Juglans neotropica* al ser medidos con diferentes instrumentos.

3. Resultados

3.1. Determinación del Factor de Forma de *Juglans neotropica*

Después de haber aplicado la metodología propuesta se obtuvo los resultados que se muestran en la (Tabla 1). Como podemos observar el factor de forma calculado para la especie *Juglans neotropica*, es de 0,86 en promedio, también se puede visualizar a medida que el DAP aumenta, la forma del árbol va adquiriendo un cilindro perfecto y viceversa.

Tabla 1. Resumen general del factor de forma de *Juglans neotropica*

N° AR-BOLES 25	DAPcm	HC (m)	V.RE-AL (m ³)	V.CI-LIN-DRO (m ³)	FAC-TOR DE FORMA
MAX	52	12,5	1,13	1,29	0,93
MED	40	7,5	0,68	0,79	0,86
MIN	31	3,7	0,35	0,46	0,76

3.2. Crecimiento de Variables Dasométricas y comparación entre los diferentes instrumentos de medición.

3.2.1. DAP

Se analizó tres instrumentos de medición de la variable dasométrica DAP 1,30m y Área Basal (Gm^2) con la finalidad de buscar si existen diferencias estadísticas significativas en entre un instrumento y otro. El valor p-valor= 0,9565 del ANOVA no sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de los tratamientos, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los instrumentos para medir DAP1, 30m. El valor p-valor= 0,9770 del ANOVA no sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de los tratamientos, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los instrumentos para medir Gm^2 .

3.2.2. Alturas (Hm)

Se evaluó dos instrumentos de medición para la variable altura (Hm), con la finalidad de buscar si existen diferencias estadísticas significativas entre un instrumento y otro.

El valor p-valor= 0,8171 del ANOVA no sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de los tratamientos, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los instrumentos para medir altura comercial (Hc).

El valor p-valor= 0,4335 del ANOVA no sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de los tratamientos, es decir, no existen

diferencias estadísticamente significativas entre los instrumentos para medir altura total (Ht).

3.3.3. Crecimiento de Variables Volumétricas

Se combinó tres instrumentos de medición de la variable dasométrica DAP 1,30m con dos instrumentos de medición de la variable altura con la finalidad de buscar si existen diferencias estadísticas significativas entre sus combinaciones. El valor p-valor= 0,9916 del ANOVA no sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de los tratamientos, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los instrumentos para medir volumen comercial (Vc.m3).

El valor p-valor= 0,9932 del ANOVA no sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de los tratamientos, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los instrumentos para medir volumen total (Vt.m3). El valor p-valor= 0,9920 del ANOVA no sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de los tratamientos, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los instrumentos para medir volumen comercial (Vc.m3).

El valor p-valor= 0,9924 del ANOVA no sugiere el rechazo de la hipótesis de igualdad de medias de los tratamientos, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los instrumentos para medir volumen total (Vt.m3).

3.3.4. Productividad

El volumen estimado para la especie en estudio arrojó los siguientes valores que a continuación se detallan. Ver (Fig. 2).

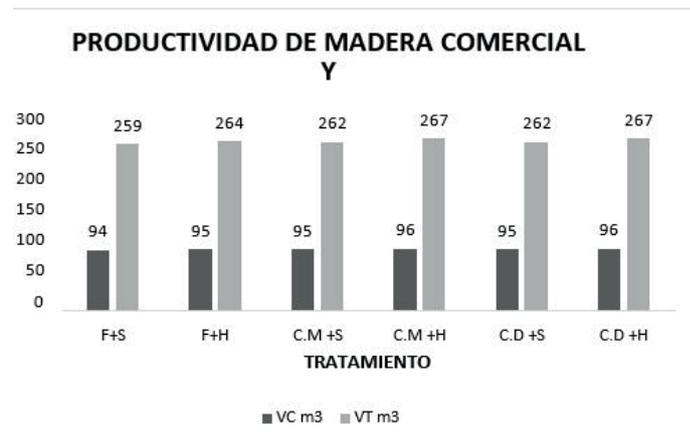


Fig. 2. Comparación de volúmenes múltiples de Tukey para diferentes instrumentos de medición sobre una misma variable dasométrica en una plantación forestal de *Juglans neotropica*, establecida en los predios de la Universidad Nacional de Loja. PUEAR.

3.3. Modelo matemático para la construcción de tabla volumétrica para la especie *Juglans neotropica*

Se analizó un tipo de ecuación para volumen, se consideró la base de datos general en el que se abarcó el total de datos muestreados en un tipo de inventario forestal al 100%, como instrumento testigo de la variable DAP se utilizó los datos que se midió con cinta diamétrica y para la variable altura el instrumento de medición el hipsómetro de Haga, por presentar mayor grado de correlación entre sus variables aplicadas en esta investigación que fueron diámetros, área basal, alturas comerciales y totales así como su productividad en metros cúbicos (Fig. 3).

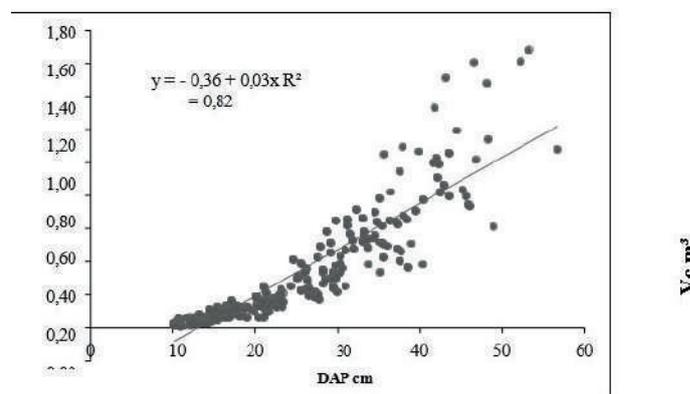


Fig. 3. Representación gráfica y ecuación que se aplicará para construcción de tabla de volumen comercial para la especie *Juglans neotropica*

Como puede verse, en la (Tabla 2) del análisis de la varianza, hay relación lineal entre $V\ m^3$ y el DAP ($p < 0,0001$). También se observa que el modelo

propuesto no presenta falta de ajuste ($p=0,0001$). Tomando la información sobre los coeficientes de regresión se puede escribir la ecuación del modelo ajustado:

$$Y = a + bx$$

Tabla 2. Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24,47	1	24,47	1171,49	<0,0001
DAP	24,47	1	24,47	1171,49	<0,0001
Error	5,39	258	0,02		
Lack of Fit	5,03	174	0,03	6,66	<0,0001
Error Puro	0,36	84	4,3E-03		
Total	29,86	259			

3.4. Elaboración de tabla volumétrica

La tabla volumétrica se elaboró aplicando la ecuación lineal simple que continuación se detalla: $V = -0,36 + 0,03X$

Esta ecuación permite estimar el valor de y (valor predicho) para un valor de x . El modelo ajustado puede ser usado con fines predictivos. Este resultado, al igual que cualquier otra predicción deseada usando valores de X dentro o fuera del rango estudiado (Tabla 3).

Tabla 3. Tabla de volumen de una entra para la especie *Juglans neotropica*

Nº arboles	V.real (m³)	V= G*HC*-FF (m³)	V=a+bX (m³)
1	0,39	0,39	0,50
2	0,94	0,93	0,98
3	0,76	0,71	0,81
4	0,80	0,82	0,89
5	0,51	0,50	0,61
6	0,72	0,75	0,84
7	0,84	0,82	0,89
8	0,59	0,62	0,61
9	0,46	0,50	0,61
10	0,87	0,93	0,98
11	0,53	0,50	0,61
12	0,65	0,65	0,75
13	0,46	0,44	0,56
14	1,06	0,97	1,00
15	0,55	0,53	0,64
16	0,52	0,53	0,64
17	0,81	0,78	0,86
18	0,94	0,93	0,98
19	0,61	0,59	0,70
20	0,52	0,50	0,61

21	0,71	0,78	0,70
22	1,13	1,10	1,09
23	0,69	0,71	0,81
24	0,56	0,53	0,64
25	0,35	0,39	0,50

3.5. Discusiones Factor de forma

Según (4), el factor de forma se lo conoce con distintos nombres: Coeficiente mórfico (CM); factor volumétrico de forma (f); factor mórfico (FM), entre otros. El factor de forma es una relación de volúmenes que requiere conocerse el volumen del fuste o de todo el árbol, por eso es importante encontrar el factor de forma para cubicar las ramas el fuste o todo el árbol.

En el Ecuador el Ministerio del Ambiente (5), a través de acuerdo ministerial 125, recomienda utilizar un factor de forma 0,7 dato que es ligeramente inferior al encontrado en la plantación de *Juglans neotropica* que es de 0,86. El parámetro generado por el MAE se debe a que es generalizado para todas las especies arbóreas latifoliadas así como para diferentes sitios, a diferencia de lo que ocurre con el presente estudio, cuyos datos obedecen a un solo índice de sitio determinado, y a una sola especie.

El factor de forma de *Juglans neotropica*, no es muy común o registrado en los estudios realizados de silvicultura tropical debido a su ausencia ya sea en bosques naturales o plantaciones forestales, según (6) su estado de conservación está en peligro. Según estudios realizados por Ojeda (7) demuestra que el factor de forma encontrado en diferentes familias arbóreas tienen diferencias estadísticas significativas entre ellas, lo que demuestra una vez más que no se puede generalizar el factor de forma para todas las especies nativas latifoliadas de un lugar, región o país. Así mismo según estudios realizados por Sánchez (8) demostró que el factor de forma determinado en diferentes especies forestales latifoliadas no concuerdan con el factor de forma recomendado por el MAE (5).

3.6. Variables Dasométricas.

Con respecto a las variables dasométricas en estudio de *Juglans neotropica*, son excelentes, según Ecuador Forestal (9), reporta que la especie alcanza hasta 30 m de altura y 50 cm de DAP1,30m, en condiciones similares de clima y suelo, lo que concuerda con este estudio donde se encontró alturas máximas de 26 m y DAP1,30m, de 56,9 cm. Así mismo (10), manifiesta que en países como Ecuador y Perú se han registrado crecimientos hasta 20 m de alturas y 50 cm de DAP1,30m.

3.7. Variable Volumétrica

En lo que respecta a la variable volumétrica de la especie *Juglans neotropica*, se puede afirmar que el volumen comercial es una tercera parte del volumen total, debido a que el árbol presenta muchas bifurcaciones, torceduras por naturaleza, según estudios realizados por Luna (11) sustenta que una plantación de *Juglans*, bien manejada puede alcanzar un crecimiento medio anual de 2,5 a 3 cm en circunferencia y una producción de 1 a 3,5m³/ha/año, lo que concuerda con esta investigación que arroja un promedio de 95 m³/ha/año en tiempo aproximado de 50 años, lo que promedia 1,95 m³/ha/año.

3.8. Modelo matemático y tabla de volumen Ecuación

El modelo matemático se elaboró en base al inventario forestal general realizó al 100% de la plantación de *Juglans neotropica*, lo que concuerda con estudios realizados por (8).

3.9. Tabla de volumen

El cálculo del volumen real comparado con el volumen estimado ya se con el factor de forma y el método de la ecuación lineal son muy semejantes lo que concuerda con estudios realizados por (8).

4. Conclusiones

El factor de forma determinado para la especie *Juglans neotropica* en esta investigación es de 0,86. Al estimar la variable dasométrica DAP (cm) y G (m²) con diferentes instrumentos de medición tales como: forcípula, cinta métrica y diamétrica, no se evidencio diferencias estadísticamente significativas entre los mismos. Al estimar la variable dasométrica Ht (m) y Hc (m), con diferentes instrumentos de medición tales como: Hipsómetro de sunnto y Haga, no se evidencio diferencias estadísticamente significativas entre los mismos, Al estimar la variable dasométrica Vt (m³) y Vc (m³), con diferentes tratamientos tales como: forcípula con hipsómetro de Sunnto, cinta métrica con hipsómetro de Sunnto, cinta diamétrica con hipsómetro de Sunnto, forcípula con hipsómetro de Haga, cinta métrica con hipsómetro de Haga, cinta diamétrica con hipsómetro de Haga; no se evidencio diferencias estadísticamente significativas entre los mismos. El volumen que se estimó en la plantación forestal de aproximadamente 50 años de plantada, con diámetros mayores a 10 cm de DAP arrojó un valor de 295 m³/ha. El modelo matemático generado para predecir el volumen de la especie *Juglans neotropica*, no presento diferencias al compararlas con el volumen real y el estimado con el factor de forma.

Referencias

1. Cailliez, F. (1980). Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Prendimiento, con referencia especial a los trópicos. Vol. 1. Roma. IT.
2. Riaño M. O., & Lizarazo, I. (2017). Estimación del volumen de madera en árboles mediante polinomio único de ahusamiento. Colombia Forestal, 20(1), 55-62.
3. Gaona, T. (2015). Ecosistemas del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación. (PUEAR). Loja. EC.
4. Ugalde, L. (1981). Conceptos Básicos de

Dasometría. Turrialba. CR.

5. Ministerio del Ambiente del Ecuador-MAE. (2014). Normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Nativos Húmedos. Acuerdo Ministerial 125. Quito. EC.

6. IUCN (1996). Americas Regional Workshop Juglans neotropica (Conservation & Sustainable Management of Trees, Costa Rica, November 1996). The IUCN Red List of Threatened Species 1998: e.T32078A9672729. Recuperado en 2017, de: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32078A9672729.en>.

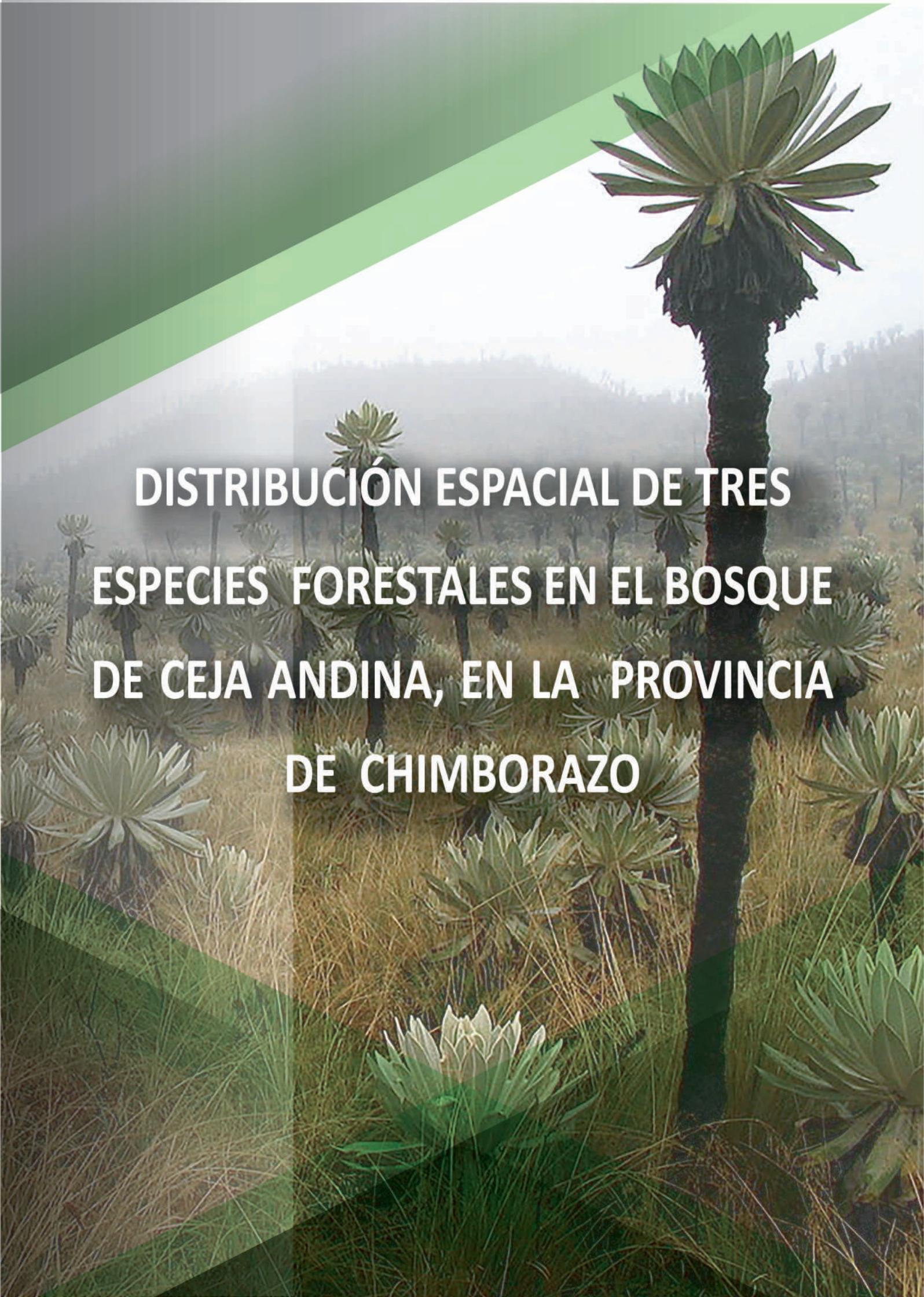
7. Ojeda, W. (1983). Revista Forestal del Perú. Factor de forma preliminar para seis familias de especies forestales tropicales.

8. Sánchez, Y. (2011). Elaboración de tablas de volúmenes y determinación de factores de forma de las especies forestales: Chuncho (*Cedrelinga cateniformes*), Laurel (*Cordia alliodora*), Sangre de Gallina (*Otoba* sp.), Ceibo (*Ceiba samauma*) y Canelo (*Nectandra* sp.), en la Provincia de Orellana". Tesis. Riobamba. EC.

9. Ecuador Forestal. (2010). Fichas Técnicas de Especies Forestales: Ficha Técnica de Nogal. Recuperado en el 2017, de: <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/NOGAL.pdf>.

10. Ospina, J., Carvajal-Carmona, L. G., Ophoff, R., Hartiala, J., Molina, J., Leon, P., & Ruiz-Linares, A. (2003). Genetic demography of Antioquia (Colombia) and the central valley of Costa Rica. *Human genetics*, 112(5-6), 534-541.

11. Luna Lorente, F. (1990). El nogal. Producción de fruto y madera. Ministerio de Agricultura & Mundi-Prensa, Madrid. p. 155.



**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TRES
ESPECIES FORESTALES EN EL BOSQUE
DE CEJA ANDINA, EN LA PROVINCIA
DE CHIMBORAZO**

Distribución espacial de tres especies forestales en el Bosque de Ceja Andina, en la provincia de Chimborazo.

(Spatial distribution of three forest species in the Ceja Andina Forest, in the province of Chimborazo)

E. Guilcapi Pacheco*, P. Díaz Moyota, M. Borja Ramírez, L. Ortiz Cruz
Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Código Postal 18

*Correspondencia. E-mail: eguilcapi@esPOCH.edu.ec (E. Guilcapi Pacheco)

RESUMEN

La presente investigación se basó en la distribución espacial de tres especies forestales (*Chusquea scandens*, *Clusia multiflora* y *Vallea stipularis*) presentes en el bosque de ceja andina de la parroquia Achupallas, provincia de Chimborazo. Con la utilización de imágenes satélites Rapideye se determinó hasta qué punto se puede zonificar una especie forestal; realizando una verificación in situ a partir del inventario de caracterización biogeográfica, se tomó puntos de control que permitieron realizar primero la ubicación del bosque y a partir de esta área de estudio se realizó la zonificación de especies ubicándose puntos de control para cada una de ellas, formando parches de 5 x 5 metros se abarcó la resolución que presenta la imagen satelital. Se encontraron parches para *Chusquea scandens* y *Vallea stipularis*, mientras que para *Clusia multiflora* únicamente se encontraron árboles individuales por lo que esta especie no fue tomada en cuenta para procesos posteriores, con esta clasificación se determinó un total de 726 907 hectáreas (ha) para *Chusquea scandens* y 31 064 ha de *Vallea stipularis*. Los resultados obtenidos permitieron concluir que las áreas generadas por el software representan a cada especie, validando las áreas obtenidas y procesos generados los cuales serán aplicables para otras especies en los distintos ecosistemas que tiene el Ecuador.

Palabras claves: *Chusquea scandens*, *Clusia multiflora*, *Vallea stipularis*, especies forestales, bosque de ceja andina, imágenes satelitales RapidEye.

ABSTRACT

This research was based on the spatial distribution of three forest species (*Chusquea scandens*, *Clusia multiflora* and *Vallea Stipularis*) present in the Andean Ceja Forest of the Achupallas parish, Chimborazo province. The use of Rapideye satellite images was determined to what extent a forest species can be zoned; Conducting an on-site verification from the inventory of biogeographic characterization, it took control points that allowed first the location of the forest and from this area of study was conducted the zoning of species located points Control for each of them, forming patches of 5 x 5 meters covered the resolution that presents the satellite image. Patches were found for *Chusquea scandens* and *Vallea Stipularis*, while for *Clusia multiflora* only individual trees were found so this species was not taken into account for subsequent processes, with this classification was determined a Total of 726 907 hectares (ha) for *Chusquea scandens* and 31 064 ha of *Vallea stipularis*. The results obtained allowed to conclude that the areas generated by the software represent each species, validating the areas obtained and processes generated which will be applicable to other species in the different ecosystems that Ecuador has.

Key words: *Chusquea scandens*, *Clusia multiflora*, *Vallea stipularis*, forest species, Andean cloud forest, RapideEye satellite imagery.

1. Introducción

Las especies nativas cumplen un rol fundamental en la cadena trófica de los ecosistemas en los que se desarrollan. En términos florísticos los bosques que se encuentran hacia las vertientes externas de la cordillera oriental de los Andes son más diversos que los que se encuentran hacia los valles interandinos, sin embargo, los bosques occidentales se caracterizan por un mayor índice de endemismo y son los más amenazados (1), es por ello que se ha buscado herramientas que faciliten la detección y ubicación de muchas especies forestales en determinados bosques de forma exacta. La teledetección es la ciencia que nos permite obtener datos de la superficie terrestre, como también nos ayuda ubicar ciertas especies dentro de un área, desde sensores instalados en plataformas espaciales (2). Actualmente existen alrededor de 45 satélites en órbita que contienen gran cantidad de sensores tanto activos como pasivos, que actúan en un rango espectral amplio, los cuales proveen información sobre parámetros y fenómenos geofísicos (3), estos datos son enviados a una estación terrenal en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales (4). Rapideye es una constelación formada por cinco satélites alemanes idénticos, esto permite una fuente de información sin precedentes con amplia cobertura, intervalos de revisita frecuentes, alta resolución y capacidades multiespectrales (5), estas imágenes son utilizadas en la identificación de vegetación y análisis de terrenos, extracción de perímetros y elementos, detección y monitoreo de cambios climáticos (6), por medio de campos de entrenamiento, categorizando zonas y asignando en el procesador los píxeles de la imagen a categorizar (7). Cada objeto natural y artificial refleja y emite radiación electromagnética sobre un intervalo de longitudes de onda de una manera característica, de acuerdo con su composición química y el estado físico, una vez que la radiación electromagnética atraviesa la atmósfera interacciona con la superficie terrestre (8), todas estas herramientas servirán como

base para futuras investigaciones en diversos ecosistemas, buscando realizar la zonificación de más especies, de esta forma se podrá construir una base de datos, conformada por la superficie que ocupa la especie y su ubicación exacta, que facilite la elaboración de planes de conservación para áreas vulnerables.

2. Materiales y Métodos

2.1. Descripción del sitio

El área de estudio está situado en la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia Chimborazo, con una superficie aproximada de 97 117.52 ha, que presenta una temperatura anual de 1 a 16 oC, con una humedad relativa promedio anual de 50 a 70% y con una precipitación anual de 250 a 2 500 mm, según el plan de Desarrollo del GADPR de Achupallas.

Según el Sistema de los Ecosistemas del Ecuador Continental del Ministerio del Ambiente del Ecuador la parroquia Achupallas tiene la siguiente clasificación ecológica: Bosque siempre verde montano alto y montano alto superior de páramo ubicado entre los 2 900 hasta los 4 100 m.s.n.m. (GADPR: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural).

2.2. Verificación de las especies

Para la verificación de las especies vegetales se basó en el inventario forestal del bosque de ceja Andina elaborado por el proyecto de Caracterización Biogeográfica de la Universidad Nacional de Chimborazo, donde se seleccionaron tres especies: *Chusquea scandens*, *Clusia multiflora* y *Vallea stipularis*, posterior a ello se realizó una validación in situ donde se tomó las coordenadas geográficas de su ubicación y se elaboró un registro de las especies, se cargó en el GPS y se constató su existencia, tomando como referencia solo parches de 5 x 5 m, los cuales fueron georreferenciados para su posterior zonificación.

2.3. Zonificación de las especies forestales

Debido a la extensión de la zona, se zonificó solo el bosque que conforma el área de estudio y luego se realizó un recorte que abarque solamente el bosque donde se localizaban las especies a estudiar. Además se tomaron puntos control, realizándose algunas clasificaciones: en la primera clasificación se identificaron de forma general el bosque, páramo herbáceo – humedales, páramo, cuerpos de agua, cultivos y pastizales; para lograr una exactitud aceptable se tomó la mayor cantidad de puntos control en el campo para cada una de las clases; para la segunda clasificación se tomó los mismos puntos de control y se tomaron puntos para las tres especies en estudio, tomando como base la siguiente condición: los puntos control para cada una de las especies deben abarcar un área mínima de 5 x 5 m que corresponden al tamaño del pixel que conforma la imagen satelital, de esta manera nos aseguramos la mayor exactitud posible al momento de realizar la clasificación. Para cada una de las clasificaciones se usó los puntos control de cada especie y de las clases definidas para lo cual se aplicó el algoritmo de clasificación de máxima similitud que nos permitió identificar con mayor precisión las especies para su zonificación, la imagen clasificada se generó en ENVI se convirtió a formato shape permitiendo realizar la presentación final de las imágenes y calcular el área que abarca cada especie en el sitio de estudio con el software Arc Map 10.2.2.

2.4. Validación de las especies

Una vez realizada la clasificación se validó a través de firmas espectrales de las áreas que se generaron de cada especie en la clasificación y el análisis estadístico de los niveles digitales que representan cada una de las bandas en la firma espectral.

2.5. Análisis estadístico

Se aplicó el análisis de estadística descriptiva de

Excel, que según Galindo (9), menciona que si el coeficiente de variación es menor o igual a 1 los datos obtenidos para nuestro estudio, las firmas espectrales serán homogéneas o iguales de esta forma se validara las áreas de *Chusquea scandens*, *Clusia multiflora* y *Vallea stipularis* obtenidas en la clasificación, en el caso que el coeficiente de variación sea mayor a 1,5 se volverá a seleccionar las áreas de entrenamiento y rehacer el proceso..

3. Resultados

Del inventario forestal del Proyecto Caracterización Biogeográfica, se pudo evidenciar que de las 23 parcelas muestreadas, solamente en 10 de ellas coincidían las tres especies a estudiar (*Chusquea scandens*, *Clusia multiflora* y *Vallea stipularis*). La especie que se encuentra en mayor número (Tabla 1) es *Chusquea scandens*, seguido de *Clusia multiflora* y *Vallea stipularis*, que al momento de validar insitu se pudo determinar que para las dos últimas especies ninguna presento parches de 5x5 m solo arboles individuales, mientras que para *Chusquea scandens* si presentaron parches con esta dimensión, para lo cual se procedió a realizar otra salida de campo para localizar parches necesarios para el estudio.

Tabla 1. Número de especies por parcela.

Parcela	<i>Chusquea scandens</i>	<i>Clusia multiflora</i>	<i>Vallea stipularis</i>
1	10	3	2
2	8	9	6
3	15	6	9
4	11	7	1
5	7	8	3
6	13	9	4
7	9	10	7
8	18	14	5
9	21	16	10
10	12	15	13
TOTAL	124	97	60

Para la especie *Chusquea scandens* la zonificación resulto más precisa, porque la misma abarca una mayor área dentro del bosque a diferencia

de *Vallea stipularis* donde el algoritmo solo pudo zonificar los parches que fueron predominantes, mas no los que se encontraban a la sombra de especies de mayor tamaño como lo observamos en la (Figura 1).

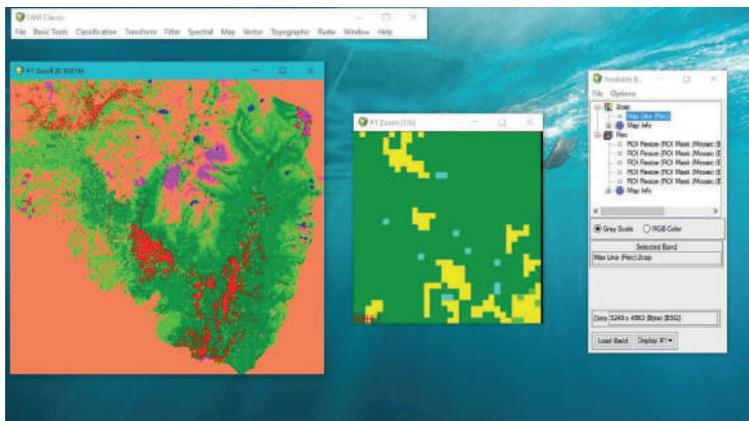


Fig. 1. Clasificación supervisada de las especies en estudio

Al exportar los datos a Arc Map se determinó que el área que ocupa *Chusquea scandens* es de 726,90 ha mientras para *Vallea stipularis*, un área de 31,06 ha como muestra la (Figura 2).

De las 30 firmas espectrales obtenidas al azar se pudo determinar que la diferencia es minima entre ellas, lo que permite asegurar que las areas representadas en el mapa pertenecen a las dos especies estudiadas y analizadas.

Al analizar estadísticamente las firmas espectrales se determino que el coeficiente de variacion no fue mayor a 1, por lo cual los datos obtenidos son homogenos, de esta forma se pudo determinar que las areas obtenidas pertenecen a *Chusquea scandens* y *Vallea stipularis*, en la imagen satelital.

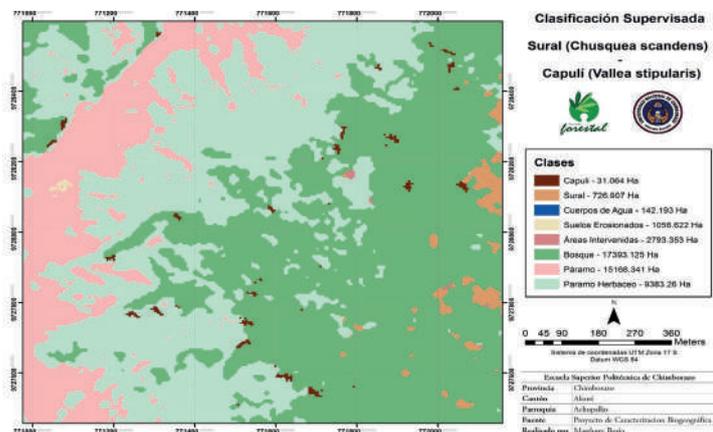


Fig. 2. Parches de las especies en estudio obtenidos a partir de una clasificación supervisada

4. Discusión

Los resultados obtenidos para *Chusquea scandens* nos indicó que le coeficiente de variación no fue mayor a 1, según (9) menciona que si los valores del coeficiente de variación son menores o iguales a 1, por tanto los datos son homogéneos, de esta forma se determinó que gráficamente como estadísticamente las áreas obtenidas pertenecen a esta especie.

Para *Vallea stipularis*, se determinó un coeficiente de variación menor a 1 para las 5 bandas, que conforman la firma espectral de la imagen Rapideye, que según (9) nos indica que los datos son homogéneos, por tanto nos permitió ratificar que las áreas generadas por el software pertenecen a esta especie, el error de muestreo por su parte se mantuvo en un rango de 0 a 0,1 con un muestreo de firmas espectrales en la imagen satelital, donde abarco toda el área de estudio.

La clasificación supervisada de las especies obtuvo un porcentaje de 97,67% en la precisión general, es un resultado excelente tomando en cuenta la composición misma de un bosque nativo de ceja andina, donde existe una gran diversidad florística, esta precisión global esta complementada con el coeficiente de valoración Kappa de 0,95 que según Landis & Koch (10) nos indica que la clasificación está en el rango de casi perfecta.

5. Conclusiones

La resolución de las imágenes Rapideye permitieron zonificar áreas a partir de los 5 x 5 m de las especies en estudio, por lo que los procesos usados en esta investigación, servirán como base para tener una idea general de la ubicación de las mismas, siendo el trabajo de campo aun necesario para la realización de una zonificación y ubicación completa.

De las tres especies en estudio solamente se pudieron zonificar dos: *Chusquea scandens* y *Vallea stipularis*, dejando de lado *Clusia multiflora*

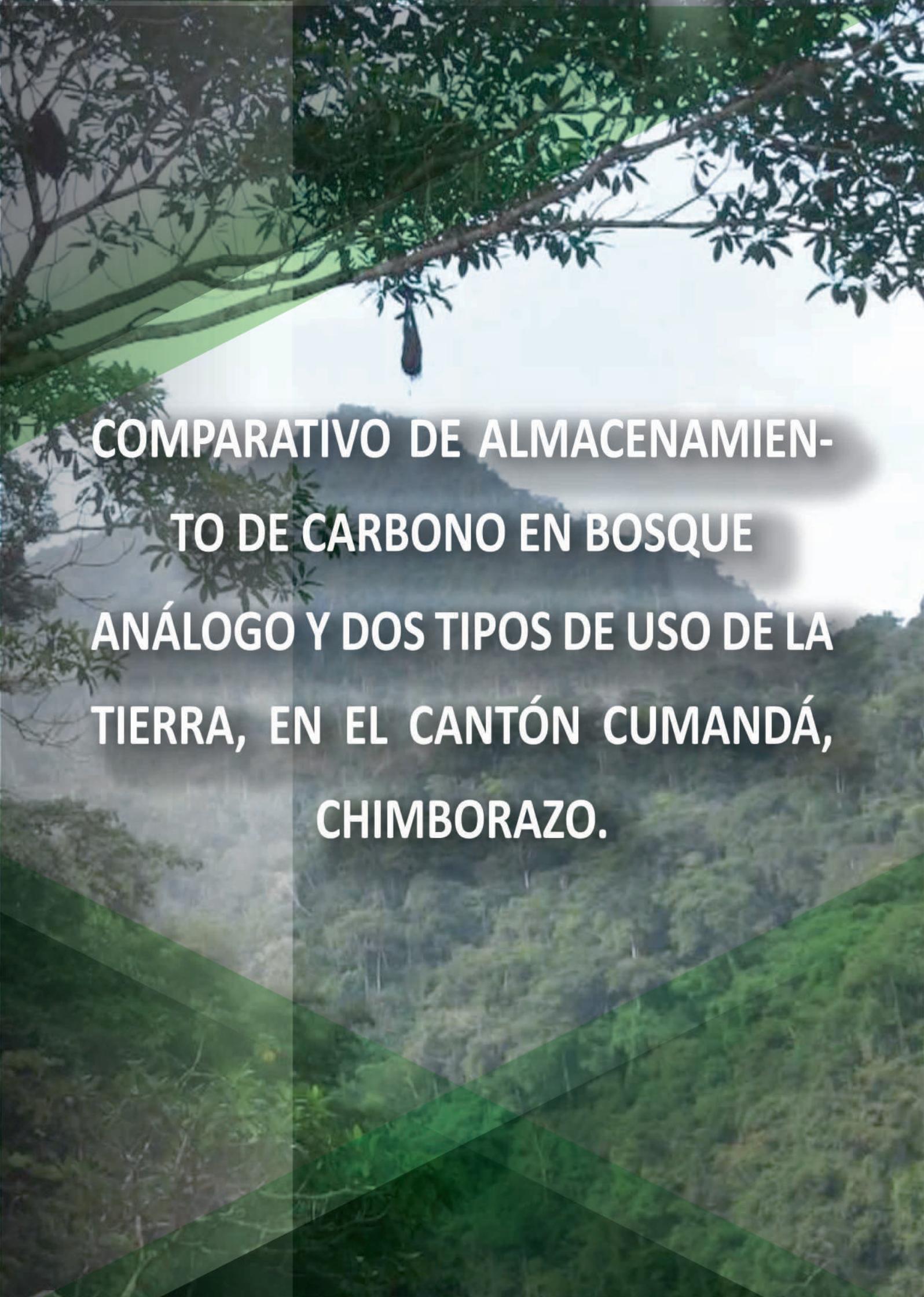
por la falta de parches de 5 x 5 m que nos permita diferenciarla en la imagen Rapideye, teniendo en cuenta que árboles individuales y parches menores a 5 x 5 m son imposibles diferenciarlos.

El bosque ocupa un área de 17 393,125 ha, de este total, *Chusquea scandens* con 726,907 ha representa el 4,179%, mientras *Vallea stipularis* con 31,064 ha representa el 0,178% siendo estos datos cercanos a realidad, ya que no se representa en su totalidad el área que ocupa cada especie en estudio, al no estar incluidos los árboles individuales y parches con un tamaño menor a 5 x 5 m.

La precisión que se puede alcanzar al zonificar especies forestales depende exclusivamente de la resolución de los píxeles, ha menor resolución la precisión y el número de áreas de las especies que se pueda abarcar al realizar la zonificación disminuirá, por el contrario, a más resolución se podrá diferenciar mejor una especie de otra, facilitando el proceso de zonificación.

Referencias

1. Galeas, R., & Guevara, J. (2012). Sistemas de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de: http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf
2. Instituto Geográfico Nacional de España. (2015). Teledetección. Recuperado el 06 de Octubre de 2015, de: <http://www.ign.es/ign/layoutIn/teledeteccionQueEs.do>
3. Sobrino, J. (2000). Teledetección. Valencia: Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia.
4. Ferrero, A. (2013). Introducción a la teledetección. Recuperado el 06 de Octubre de 2015, de: http://es.slideshare.net/andreadrozd/introduccion-a-la-teledeteccion?next_slideshow=1
5. Valero, O. (2009). Aplicación de la geomatica para determinar la cobertura del uso actual del suelo a partir de imágenes de satélite (rapideye) y su comparación con el shape uso de suelo. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015, de: http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13543/1/Proyecto_Final._OscarValero_Grupo1.pdf
6. Nina, S. (2012). Manual Rapideye. Recuperado el 12 de Octubre de 2015, de: <http://es.scribd.com/doc/112677474/Manual-Rapideye#scribd>
7. Chuvieco, E. (2001). Fundamentos de la teledetección espacial. Segunda Edición. Madrid: Rialp.
8. Yébenes, A., & Giner, A. (2010). Clasificación digital de imágenes por satélite. Recuperado el 14 de Octubre de 2015, de: <http://mural.uv.es/gislo/telemedida.pdf>
9. Galindo, E. (2011). Estadística Metodos y Aplicaciones. Primera Edición. Prociencia Editores
10. Landis, J., & Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*; 33: 159-74.



COMPARATIVO DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BOSQUE ANÁLOGO Y DOS TIPOS DE USO DE LA TIERRA, EN EL CANTÓN CUMANDÁ, CHIMBORAZO.

Comparativo de almacenamiento de carbono en Bosque Análogo y dos tipos de uso de la tierra, en el cantón Cumandá, Chimborazo.

(Comparison of carbon storage in Analog Forest and two types of land use, in the Cumandá, Chimborazo)

R. Ramos Veintimilla (1)*, F. Romero Mancero (2), A. Miranda Ruiz (3), T. Crisanto (4)

(1) Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Panamericana Sur km 1 ½. Riobamba, Ecuador Código Postal: EC060155.

(2) Agencia Ecuatoriana de la Calidad del Agro, Riobamba.

(3) Consultora particular, Riobamba.

(4) Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE. Quito.

* Correspondencia. E-mail: raul.ramos@espe.edu.ec (R. Ramos Veintimilla)

RESUMEN

En países de Europa y América se conoce la capacidad que tienen la forestería análoga (FA) como una técnica de restauración alternativa y de secuestro de carbono, sin embargo, aún falta información sobre el potencial de secuestro de carbono en el componente aéreo y bajo el suelo en áreas de bosque análogo, plantaciones forestales de monocultivo y pasturas degradadas. Se estimó el potencial de almacenamiento de carbono orgánico (CO) del suelo hasta 1 m de profundidad y el carbono contenido en la biomasa aérea, en tres tipos de uso de la tierra para promover el manejo del suelo en áreas degradadas de fincas del cantón Cumandá –Ecuador. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con estructura de parcelas completamente aleatorizado. Las variables evaluadas fueron: densidad aparente, carbono orgánico, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura, para calcular la biomasa se empleó ecuaciones alométricas. El Bosque análogo y plantación forestal fueron el tipo de uso del suelo que almacenaron mayor cantidad de carbono total en el sistema (177,50 y 140,54 t ha⁻¹ respectivamente) en comparación a pastura degradada que almacenó menor C total (123,68 t ha⁻¹). Palabras claves: biomasa, forestería análoga, bosque análogo, parcela de muestreo.

ABSTRACT

In European and American countries, the capacity of analog forestry (AF) as an alternative restoration and carbon sequestration technique is known, however, there is still a lack of information on the potential for carbon sequestration in the aerial component and under the Soil in areas of similar forest, monoculture forest plantations and degraded pastures. The storage of organic carbon (OC) of the soil up to 1 m depth and the carbon contained in the aerial biomass were estimated in three types of land use in the Cumandá canton, Ecuador. A split- plot design with completely randomized parcel structure was used. The variables evaluated were: apparent density, organic carbon, diameter at chest height (DCH), height, allometric equations were used to calculate the biomass. Similar forest and forest plantation were the type of land use that stored the largest amount of total carbon in the system (233, 73 and 175, 48 t ha⁻¹ respectively) compared to degraded pasture that stored 170, 08 t ha⁻¹.

Key words: biomass, analog forestry, analogue forest, sampling plot.

1. Introducción

La alta concentración de dióxido de carbono impide que escape la radiación a la atmósfera, lo que termina provocando el calentamiento global (1); su contribución se ha calculado en 50 a 75%, entre los gases traza; la concentración de este gas en la atmósfera ha aumentado de 280 ppm (partes por millón) en el año 1 750 a 379 ppm en el 2 004, y la cifra record 400 ppm se registró en el 2 016 (2, 3,4, 1).

En el Quinto informe del IPCC se manifiesta que la Agricultura, Silvicultura y otros usos de la Tierra son responsables del 24% de la aportación al cambio climático (5). En América Latina durante las últimas décadas del siglo XX, los ecosistemas forestales fueron extensamente talados para promover el pastoreo de ganado. A escala global, desde 1 950, 200 millones de hectáreas de bosque húmedo y su biodiversidad asociada se han perdido, aparentemente teniendo como causa principal, la expansión de la ganadería. (6,7). Por su parte, el Ecuador tiene una emisión anual de gases efecto invernadero (GEI) de alrededor de 80 millones de toneladas de carbono, de los cuales el 30% de emisiones son provenientes de los bosques principalmente por deforestación que por lo general es de manera ilegal (8).

Ante la preocupación por el constante aumento de este gas, se han implementado diferentes estrategias de procesos bióticos para capturar el carbono y así reducir la concentración del CO₂ en la atmósfera; estas comprenden la fijación y captura del CO₂ como biomasa sobre la superficie terrestre, principalmente por las plantas que son las que lo utilizan en el proceso de la fotosíntesis (9, 10). Respecto a la captura de carbono por procesos abióticos, consiste en la canalización de CO₂ producido en las industrias o fábricas hacia las profundidades del océano o dentro del manto freático (11). La capacidad de fijación de carbono a través de procesos bióticos por los ecosistemas forestales aún continua en investigación, se sabe que esta capacidad varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de la

población de cada estrato por comunidad vegetal (12), sin embargo, en bosque análogo falta mucho por investigar.

La Forestería Análoga es una estrategia biótica altamente diversa que permiten recuperar áreas degradadas (vegetación y/o suelo), restaurar la biodiversidad, proteger e incrementar los servicios ambientales de importancia ecológica como la captura de carbono (13), e incrementar las fuentes de ingresos con la posible venta de servicios ambientales por reducción del CO₂ atmosférico. El establecimiento de mercados de servicios ambientales puede contribuir de distintas maneras al desarrollo sostenible en el medio rural y en algunos casos sus beneficios trascienden el nivel local y adquiere una dimensión regional y hasta global. El desarrollo de estos mercados puede conducir: al surgimiento de nuevas actividades económicas, generación de empleo y de ingresos a los propietarios de recursos generadores de servicios ambientales. También, permite la transferencia de conocimientos y de recursos de otros sectores nacionales e internacionales al medio rural (14).

En un estudio de caso sobre soluciones basadas en la naturaleza, muestra el desarrollo ecológico del bosque análogo de 10 hectáreas denominado "Don Ramón", ubicado en el recinto Buenos Aires, Cantón Cumandá, Provincia de Chimborazo, Ecuador. Mismo que indica que ocurrió por la transformación individual del pensamiento del Sr. Manuel Ramón, que dejó de ser talador-cazador y se convirtió en un "empírico" manejador forestal sustentable. Aprendió por medio de ensayo y error y aplicando en forma intuitiva procesos de rendimiento continuo a largo plazo. Esta actividad intuitiva permitió que se desarrollará un bosque análogo, a partir de un área deforestada y alterada que cumple con los conceptos de adaptación y mitigación al cambio climático. Esta tiene beneficios económicos, ecológicos, sociales y culturales cumple con la legislación ambiental ecuatoriana (15), y que requieren ser estudiados. Para aportar con información técnico científica orientada a estrategias adecuadas de recuperación de áreas degradadas por efecto del

cambio de uso del suelo en el cantón Cumandá, conocimiento de interés para los tomadores de decisiones a nivel de políticas públicas que permita desarrollar propuestas para la gestión forestal con enfoque en un uso sostenible de los recursos. Los objetivos específicos del estudio fueron: 1) Estimar el carbono orgánico almacenado sobre el suelo y bajo el suelo en tres tipos de uso de la tierra (Bosque Análogo, Plantación Forestal de *Tectona grandis* L. y Pastura Degradada), en fincas del Cantón Cumandá; 2) Comparar el servicio eco sistémico “almacenamiento de carbono” que proveen el bosque análogo y dos sistemas de uso de la tierra de mayor frecuencia en fincas del cantón Cumandá.

2. Materiales y Métodos

2.1 Descripción del sitio

Esta investigación se realizó en el sector Buenos Aires del Cantón Cumandá, Chimborazo-Ecuador. Las fincas estudiadas se encontraron ubicadas: 1) El bosque análogo “Don Ramón” en las coordenadas 17M Sur 9755950 m Este 700729 m Norte, 2) la plantación forestal de *T. grandis* en las coordenadas 17M Sur 9756584 m Este 689788m Norte, y 3) la pastura degradada en las coordenadas 17M 9756041m Este 7017775 m, a una altitud entre 155- 255 m.s.n.m. La zona de vida Bosque muy húmedo Pre montano bmh PM y Bosque húmedo tropical bh.t (16), con una precipitación media anual de 2 000 a 2 500 mm distribuida en dos épocas, lluviosa y seca, y una temperatura promedio de 22 a 24°C (17, 18). El suelo pertenece al grupo de los inceptisoles de relieve relativamente plano < 5% (17).

2.2 Descripción del ensayo.

Los tratamientos estudiados fueron: Bosque Análogo (BA), Plantación de *T. grandis* (Pf) y Pastura degradada (Pd); siendo estos dos últimos sistemas de uso de la tierra los de mayor frecuencia en las fincas del cantón Cumandá.

El bosque análogo evaluado posee una superficie

aproximada a 10 hectáreas y una edad entre 15 años. La Plantación de monocultivo de *T. grandis* posee 6,5 hectáreas y una edad de 15 años desde la instalación. Las pasturas degradadas constituyeron parcelas que tenían como pasto principal jaragua (*Hyparrhenia rufa* Stapf.) y varias gramíneas nativas.

2.3 Características y especificaciones del área experimental- componente aéreo

2.3.1 Muestreo

En cada unidad de muestreo de los tres tipos de uso de la tierra en estudio, se establecieron tres conglomerados al azar conformados por tres parcelas anidadas para la identificación taxonómica e inventario de biomasa y carbono con superficies que se distribuyó como sigue: 4m² (2 x 2 m) para brinzales¹, 25 m² (5 x5 m) para latisales bajos², 100 m² (10 x10 m) latisales altos³ y 1 000 m² (20 x50 m) para fustales⁴, separadas a una distancia de 10 m entre conglomerados (Fig. 1) según las recomendaciones de Sáenz & Finegan (19). La ubicación de las parcelas se lo desarrolló utilizando equipos de sistema de posicionamiento global (GPS).

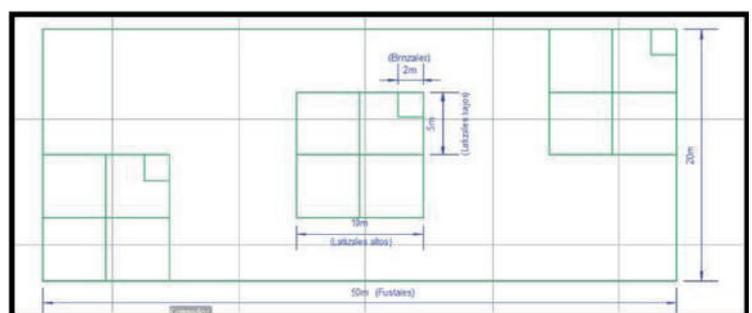


Fig. 1. Croquis de distribución de los puntos de muestreo para biomasa e inventario vegetal

Fuente: Amézquita, Ibrahim, & Buurman, 2004

2.3.2 Inventario de especies

A partir de la ubicación de las parcelas de muestreo se desarrolló la identificación taxonómica de las especies en campo con el apoyo de un experto en dendrología de la ESPOCH, para las especies de difícil identificación se tomaron muestras vegetales las cuales fueron trasladadas al Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.3.3 Altura de los fustales, latizales, brinzales

Para la estimación de la altura de los fustales y latizales altos se empleó el método indirecto, con la ayuda de un hipsómetro, para latizales bajos y brinzales se utilizó una regla graduada. La altura se registró en metros.

2.3.4 Determinación del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Esta variable se registró en cada una de las especies de fustales (5 m de altura y $DAP \geq 10$ cm). Se tomó el valor perpendicular a 1,3 m desde la base del árbol, con ayuda de una cinta diamétrica. El diámetro a la altura del pecho se registró en centímetros.

2.3.5 Muestreo del mantillo para estimación de carbono

2.3.5.1 Biomasa en bosques y plantaciones

El muestreo se desarrolló sobre cada sistema en estudio ($n = 2$) donde se tomaron muestras del mantillo en las parcelas temporales demarcadas usando un cuadrante de 0,50 x 0,50 m, para la recolección de hojarasca. Se colectó en una lona todo el mantillo localizado dentro del cuadrante y se registró el peso fresco; de cada muestra se tomó una sub muestra (200 g) y se colocó en bolsas de papel mismas que se almacenaron en un cooler a una temperatura de 4°C para transportar al Laboratorio de Suelos del INIAP-Santa Catalina, siguiendo la cadena de custodia de las muestras. A partir de los datos de laboratorio se calculó el total de materia seca (t.MS ha⁻¹) y finalmente se calculó la cantidad de carbono por ha (t.Cha⁻¹) (20).

2.3.5.2 Biomasa en pastizales

La biomasa aérea de pastos se estimó empleando un muestreo destructivo. Se identificaron las

especies y se observó la distribución del follaje en el potrero considerando: vigor, altura, densidad, composición de especies. Se empleó un cuadrante de 0,5 x 0,5 m para realizar las observaciones visuales y tomar cuatro muestras destructivas por repetición. En una lona se colectó todo el pasto localizado dentro del cuadrante, se homogenizó y se tomaron cuatro muestras de 300 g aproximadamente, una por repetición y se reservó en bolsas de papel, mismas que se almacenó en un cooler a una temperatura de 4°C. Inmediatamente tomada la muestra, se siguió la cadena de custodia y se trasladó al laboratorio de suelos del INIAP- Santa Catalina, para conocer el porcentaje de materia seca. Dicha variable se reportó en t ha⁻¹.

2.3.6 Estimación de biomasa aérea y carbono en el componente leñoso

Con base a las variables dasométricas anteriormente registradas (ítem 2, 3,4) se emplearon ecuaciones alométricas de acuerdo a cada tipo de uso del suelo en estudio.

2.3.6.1 Estimación de la biomasa de bosque análogo

- 1 Brinzales: (altura <1,50 m – 0,30 m DAP).
- 2 Latizales bajos: (altura $\geq 1,5$ m- 2 a 4,9 cm DAP)
- 3 Latizales altos: (altura $\geq 1,5$ m- 5 a 9,9 cm DAP)
- 4 Fustales: (5 m de altura $DAP \geq 10$ cm)

La ecuación alométrica empleada para estimar la biomasa aérea de las especies leñosas, fueron las generadas por Schlegel (21) respectivamente: Modelo alométrico para fustales y latizales altos en bosques análogos.

$$\text{LN (BT)} = -1.624 + 2.235 * \text{LN(DAP)} \quad (1)$$

Dónde:

LN: Logaritmo natural de la biomasa total sobre el suelo

BT: Biomasa total sobre el suelo (Kg/árbol)

DAP: Diámetro a la altura del pecho (5-55cm)
Modelo alométrico para latizales bajos:

$$BT = -1.80246 + 28927 * \ln(dap) \quad (2)$$

Dónde:

BT: Biomasa total sobre el suelo (Kg/árbol)
LN: Logaritmo natural de la biomasa total sobre el suelo
DAP: Diámetro a la altura del pecho (2,8-28,2cm)

2.3.6.2 Estimación de la biomasa de plantaciones forestales

La ecuación alométrica empleada para estimar la biomasa aérea de las especies leñosas, fueron las recomendados por Pérez & Kianninen (22) para plantaciones forestales:

Modelo alométrico para fustales, latizales altos en plantaciones.

$$Bt = 10^{-0,82 + 2,38 * \log(DAP)} \quad (3)$$

Dónde:

Bt= Biomasa aérea seca total (kilogramos/árbol)
DAP= Diámetro a la altura del pecho (cm)

2.3.6.3 Estimación de la biomasa de potreros

La ecuación alométrica empleada para estimar la biomasa de potreros fue la recomendada por Ruiz (23) para árboles en potreros:

Modelo alométrico para árboles en potreros
 $LBT = -2.1806 + 0.08012 (DAP) - 0.0006244 (DAP^2)$ (4)

Dónde:

LBT= Logaritmo base diez de la biomasa total (t ha⁻¹ materia seca)
D= Diámetro a la altura del pecho (cm)
El carbono almacenado en las especies se estimó multiplicando la biomasa aérea por 0,5 (24).

2.4 Características y especificaciones del área experimental- componente suelo

2.4.1 Distribución de parcelas de muestreo bajo el suelo para estimación de DA y CO

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con estructura de parcelas completamente aleatorizado, el factor B conformado por la profundidad del suelo y el factor A conformada por el tipo de uso de la tierra (sistema) con cuatro repeticiones por parcela.

2.4.1.1 Muestreo de suelo para estimación de carbono (CO)

En cada repetición del sistema de uso de la tierra se establecieron doce puntos de muestreo en un recorrido en zig-zag distribuido de forma que cubra la parcela de evaluación, las repeticiones fueron cuatro. Los puntos de muestreo consistieron en una calicata principal (1x1x1m) y doce semicalicatas con una distancia de 5,21 m entre calicata (Fig. 2). La distancia entre el borde del sistema y las calicatas fue de 20 m para evitar el efecto de borde.

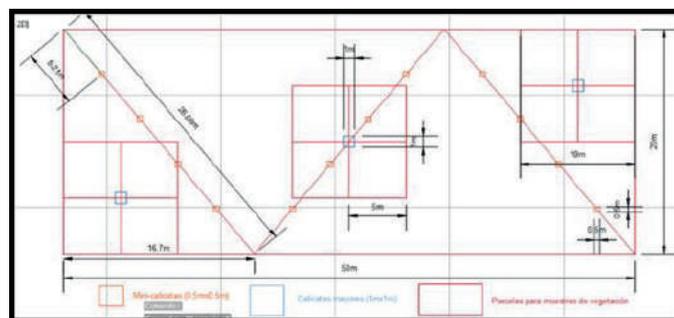


Fig. 2. Croquis de distribución de muestreo para estimación de carbono
Fuente: (Amézquita et ál , 2004)

En cada punto de muestreo con la ayuda de un barreno se tomaron muestras de suelo a tres profundidades (0-20, 20,1-40, 40,1-100 cm), ubicando la cámara del barreno en el tercio medio de cada profundidad en estudio, posteriormente la muestra de suelo se colocó en una bolsa de plástico para homogenizarla por profundidad y posteriormente tomar una muestra compuesta de 1 Kg aproximadamente y se trasladó al laboratorio de suelos del INIAP- Santa Catalina para su análisis de carbono.

2.4.1.2 Muestreo de suelo para estimación de densidad aparente (DA)

La densidad aparente del suelo se avaluó por el método del cilindro (25). En los doce puntos de muestro, se tomaron muestras de suelo sin disturbar a tres profundidades (0-20, 20,1-40, 40,1-100 cm), ubicando el cilindro de volumen conocido en el tercio medio de cada profundidad. Se recolectó un total de treinta y seis muestras por sistema. Inmediatamente tomada la muestra, se siguió la cadena de custodia y se trasladó al laboratorio de suelos del INIAP- Santa Catalina, para la respectiva determinación.

2.5 Estimación del carbono total almacenado en el sistema

La cantidad de carbono almacenado en el suelo evaluado se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$BT = -1.80246 + 28927 \cdot \ln(dap) \quad (5)$$

Dónde:

CA= carbono almacenado

Ba= biomasa aérea

M= hojarasca o mantillo

COS= carbono en el suelo

2.6 Análisis de datos

En las variables registradas se comprobó los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia. Y se desarrolló el análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias Duncan (5%) para determinar las diferencias de captura de carbono entre sistema de uso de la tierra en estudio. Se empleó la herramienta InfoStat (2016) con un nivel de significancia del 95%.

3. Resultados y Discusión:

3.1 Estimación del carbono en el componente aéreo

En este artículo se presenta únicamente los resultados relacionados a carbono aéreo en los

sistemas de uso de la tierra en estudio, no se presenta información desde el punto de vista florístico, en razón de que este tema es motivo de un segundo manuscrito.

3.1.1 Carbono en la biomasa del componente aéreo

El carbono almacenado en la biomasa del componente leñoso fue estadísticamente diferente ($p < 0,0001$) en los tres sistemas de uso de la tierra en estudio. Presentando el mayor promedio el sistema Plantación forestal de *T. grandis* con 64,30 t ha⁻¹, seguido por Bosque análogo 60,97 t ha⁻¹ y finalmente Pastura degradada (0,00015 t C ha⁻¹) presentó el menor promedio de carbono almacenado (Tabla 1). La gran diferencia en el secuestro de carbono en los sistemas de uso de la tierra en estudio depende principalmente de la población existente del componente leñoso en cada uno de éstos.

El contenido de carbono almacenado está en relación directa con la cantidad de biomasa de las plantaciones. Brown, et al, (26) manifiesta que la biomasa en bosques primarios y secundarios varía entre 60 y 230 t C ha⁻¹. El contenido de carbono en la biomasa aérea encontrado en este estudio es inferior a los promedios (96,6 t C ha⁻¹) reportado por (27), para bosques análogos en el noroccidente de Pichincha en Ecuador. En el mismo sentido (28) reportó un promedio de 33,06 t C ha⁻¹ de secuestrado en plantaciones de *T. grandis*, en Ecuador, mientras que (29) en una investigación en Costa Rica reportaron un promedio de 64,47 t C ha⁻¹, similar al encontrado en esta investigación. Las pasturas degradadas, con baja densidad de árboles fue el uso de la tierra que captura menor cantidad de carbono en la biomasa arbórea, estos datos corroboran al promedio reportado en su estudio Torres (27) (0,000000001 t C ha⁻¹).

Tabla 1. Promedios del contenido de carbono en el componente aéreo de tres tipos de usos de la tierra del cantón Cumandá-Ecuador. [Letras iguales no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)]

Sistema	Carbono de la biomasa	Mantillo	Total
	Aéreo (t C ha ⁻¹)	(t C ha ⁻¹)	(t C ha ⁻¹)
Bosque análogo	60,97 b	0,71b	61,68 b
Plantación forestal	64,30 a	0,67 b	64,98 a
Pastura degradada	0,00015 c	1,01 a	1,01 c

3.1.2 Carbono en el mantillo

El análisis de varianza realizado para el contenido de carbono en el mantillo de los tres tipos de uso del suelo, determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre sistemas ($p < 0,05$), se encontró que la Pastura degradada presentó el mayor contenido de carbono (1,01 t C ha⁻¹) seguido del Bosque análogo y Plantación forestal. En general este componente es el que aporta el menor contenido de carbono de los tres sistemas (Tabla 1).

3.2 Carbono orgánico en el suelo

3.2.1 Densidad aparente

En estudios de carbono en suelo es muy importante conocer la densidad aparente (DA) de éste ya que una de las formas de reportar el contenido de carbono es por unidad de volumen.

La densidad aparente en los suelos estudiados osciló entre 1,01 y 1,47 g cm⁻³ (Fig. 3). Al aplicar el ANOVA para un diseño de parcelas divididas con estructura de parcelas completamente aleatorizado, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para sistemas de uso de la tierra y profundidad. Resultados similares fueron reportadas por Alvarado & Forsythe (30), esto probablemente se debe a la reducción del contenido de materia orgánica y actividad biológica que sucede a lo largo del perfil del suelo.

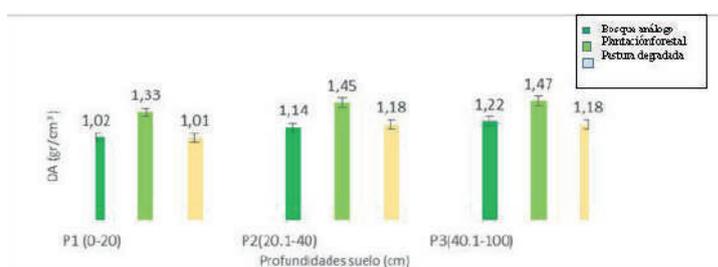


Fig. 3. Densidad aparente de suelo a tres profundidades y en tres tipos de uso del suelo del cantón Cumandá-Ecuador. 2017

Se observa que la densidad aparente de la plantación forestal de *T. grandis* presentó la mayor densidad de suelo en las tres profundidades (40,1-100, 20,1-40 y 0-20 cm) con una media de 1,42 gr/cm³, seguida de la densidad de suelo en el sistema bajo bosque análogo y pastura degradada que experimentaron una densidad promedio de 1,14 gr/cm³ y 1,12 gr/cm³ respectivamente. Estos resultados indican que el grado de compactación del suelo es mayor en la plantación de teca, esto se debe probablemente a que la plantación de *T. grandis* por el tipo de hoja coriácea incorpora menos materia orgánica al suelo, situación similar manifiesta Saderghian et al (31) posee menor: porosidad, contenido de agua gravimétrica, capacidad de intercambio catiónico y actividad microbiana; lo contrario de lo que sucede con un ecosistema de pastizales que presenta altos niveles de materia orgánica (MO) generada por la actividad de las raíces que son superficiales que a su vez reducen la compactación, densidad real, pH y aumenta la porosidad.

Amponsah, IG (32) afirma que en suelos bajo plantaciones de *T. grandis* en los primeros 15 años de edad la densidad aparente puede aumentar a la vez que disminuye la cantidad de materia orgánica e incrementa la erosión del suelo como efecto de su establecimiento y de las actividades de mantenimiento, características que tienden a disminuir en plantaciones de edades mayores por efecto del aumento de la materia orgánica.

3.2.2 Carbono orgánico en el suelo (COS)

La evaluación de CO total se realizó a través de un análisis de varianza para un diseño de parcelas divididas con estructura de parcelas

completamente aleatorizado. En este análisis se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,001$) para la interacción sistema profundidad. La comparación múltiple de Duncan con un alfa del 5% para los sistemas en estudio en la variable carbono total determinó que el sistema Pastura degradada (67,47 t ha⁻¹) y Bosque análogo (59,23 t ha⁻¹) fueron significativamente mayores que plantación forestal de *T. grandis* (32,48 t ha⁻¹) en la profundidad de 0 a 20 cm. En la segunda profundidad (20,1-40 cm), el sistema pastura degradada superó en 11% a Bosque análogo y 20,53% a al sistema plantación de *T. grandis*; y finalmente en la tercera profundidad (40,1-100), se encontró que el Ba superó en 17,50% a Pastura degradada y 27,23% a Plantación de *T. grandis*. (Fig. 4). En general la plantación forestal con *T. grandis* presentó la menor cantidad de carbono secuestrado en el suelo en las tres profundidades estudiadas.

En la Figura 4 se puede observar que en la profundidad 1 (0 a 20 cm) acumula alrededor del 50,68% de carbono y en la profundidad dos y tres (20,1 a 100 cm) se acumuló alrededor de 49,31 % de carbono en el suelo, estos datos son similares a los reportados por Ramos (33) en una investigación desarrollada en sistemas ganaderos de fincas de Punta Arenas-Costa Rica. Esta característica hace que éste carbono este menos expuesto a procesos de oxidación y pérdida, transformándose en un servicio ambiental sumamente importante

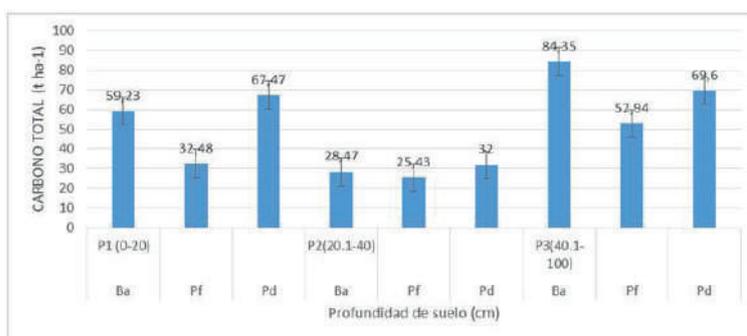


Fig. 3. Densidad aparente de suelo a tres profundidades y en tres tipos de uso del suelo del cantón Cumandá-Ecuador. 2017

En el mismo sentido, estos resultados se asemejan a los reportados en varios estudios, donde los

contenidos de carbono orgánico son más altos en la primera profundidad de suelo. José y Koshy (34) indican que el horizonte superficial es el más beneficiado con el aumento del CO y puede generar cambios físicos (densidad aparente o cantidad y tamaño de poros) en profundidades de 0 a 10 cm, mientras que a mayor profundidad el COS es menor como resultado de la menor posibilidad de exploración por las raíces, la capacidad de almacenamiento del agua y la reserva de nutriente (35)

En términos generales, en el presente estudio se encontró mayores concentraciones de CO en el suelo en el sistema de uso de la tierra pastura degradada (Pd) con relación a la plantación forestal (Pf), es probable que se deba a la edad de la Pf (15 años) debido a que según Amponsah, IG (32) en plantaciones forestales de *T. grandis* en los primeros 15 años de edad la densidad aparente puede aumentar mientras que la MO tiende a disminuir e incrementa la erosión del suelo como consecuencia de su manejo, características que generalmente disminuyen en edades mayores por incremento de la MO. Se debe considerar que el sistema de pastura degradada (Pd) presenta mayor contenido de carbono posiblemente por la dominancia del género *Brachiria* que es un género conocido por una alta producción de biomasa (36). También según (37) el incremento de CO en la pastura degradada (Pd) se da por la mortalidad y exudación de las raíces finas.

3.3 Carbono total almacenado en los tres tipos de uso del suelo en estudio

Para estimar esta variable, se sumó el carbono orgánico total almacenado en los componentes evaluados en la parte aérea y subterránea hasta un metro de profundidad en cada uno de los sistemas de uso de la tierra en estudio, para posteriormente aplicar un ANOVA para un diseño de parcelas divididas con estructura de parcelas completamente aleatorizado. Este análisis detectó que el sistema Bosque análogo (177,50 t ha⁻¹) captura mayor cantidad de carbono orgánico que

una Plantación forestal de *T. grandis* (140,54 t ha⁻¹) y que una Pastura degradada (123,68 t ha⁻¹) siendo estos diferentes estadísticamente ($p < 0,05$) (Tabla 2).

Tabla 2. Promedios del contenido de carbono de la biomasa aérea, biomasa en el suelo, hojarasca/pastos y biomasa total en tres tipos de uso del suelo del cantón Cumandá-Ecuador Letras distintas entre filas significan diferencias significativas ($p < 0,05$)

Sistema	Carbono de la biomasa			
	Aéreo	Suelo	Hojarasca	Total de carbono
	(t C ha ⁻¹)	(t C ha ⁻¹)	(t C ha ⁻¹)	CO total (t ha ⁻¹)
Bosque análogo	60,97 a	172,05 a	0,71b	233,73 a
Plantación forestal	64,31 a	110,86 b	0,67 b	175,84 b
Pastura degradada	0,00015 b	169,07 a	1,01 a	170,08 c

4. Conclusiones

El contenido de carbono en el suelo hasta 1 m de profundidad, presentó la siguiente tendencia Pastura degradada > Bosque análogo > Plantación forestal, esta tendencia en almacenamiento de carbono en el suelo bajo pasturas degradadas puede deberse a que hay muerte de un alto porcentaje de las raíces de las pasturas luego de un aprovechamiento, materia orgánica que queda secuestrado en el suelo; mientras que, en la captura de carbono en el componente aéreo muestra la siguiente tendencia es $Pf > Ba > Pd$.

Alrededor del 50% del CO secuestrado en el perfil de suelo se encontró a una profundidad mayor a 20 cm, ésta característica hace que éste carbono orgánico esté menos expuesto a procesos de oxidación y por tanto a pérdida como gas efecto invernadero.

De los tres sistemas de uso de la tierra estudiados en el cantón Cumandá, el carbono almacenado sobre el suelo y bajo el suelo, el sistema Bosque análogo presentó la mayor captura de carbono orgánico (177,50 t ha⁻¹), seguido del sistema

Plantación de *T. grandis* (140,54 t ha⁻¹); mientras que el sistema Pastura degradada fue el uso de la tierra que presentó menos carbono capturado (123,68 t ha⁻¹). Lo cual indica el potencial que tiene la Forestería análoga en proveer el servicio eco sistémico de captura de carbono.

Se recomienda fomentar los sistemas de forestería análoga en las fincas del cantón Cumandá, mediante la inserción especies para una producción diversificada manteniendo la sucesión ecológica, una ecología de paisaje y tratando de imitar a los bosques naturales del sitio, de manera que se cumpla con los principios básicos de la forestería análoga.

Agradecimientos

Dejamos nuestro sincero agradecimiento a la M.Sc. Tania Crisnanto, e Ing. Hugo Bonifaz y a todos los docentes y personal administrativo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, que de una u otra forma aportaron para para desarrollo este trabajo. al M.Sc. Marcelo Pino, Director Provincial del Ministerio del Ambiente de Chimborazo y a todo el valioso personal que conforma el MAE – Riobamba, a los propietarios de las fincas estudiadas en Cumandá, en la persona del Sr. Manuel María Ramón Mazón por su apoyo brindado en campo para el desarrollo del presente trabajo.

Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de conflicto en razón de que la información generada en la investigación es para apoyo de quienes puedan necesitar en beneficio técnico científico y apoyo a los productores del Cantón Cumandá y el Ecuador.

Referencias

1. Soto, M (2016). Cambio climático, El gas que está cambiando el clima vuelve a batir el récord. Recuperado el 30 de septiembre

- 2017, de: <http://www.lavanguardia.com/natural/20170313/42850196168/co2-dioxido-carbono-concentracion-atmosfera-noaa.html>. Alemania.
2. Castro, Z., Arteaga, R., Vázquez, P., & Jiménez, R. (2002). *Introducción a la meteorología*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 247 p.
 3. Epstein, R. & Rogers, C. (2004). *The impacts of CO2 and climate change on public health in the Inner City*. The Center for Health and the Global Environment-Harvard Medical School.
 4. NETL (National Energy Technology Laboratory). (2004). *Developing the technology base and infrastructure to enable sequestration as a greenhouse gas mitigation option*. National Energy Technology Laboratory. Estados Unidos.
 5. IPCC. Cambio climático (2014). *Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas*. Suiza.
 6. FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, EMBRAPA). (2001). *Protección de los recursos naturales en sistemas ganaderos: Los sistemas agroforestales pecuarios en América Latina. Consulta de expertos FAO. (18-22 septiembre de 2000. Juiz de Flora, MG, Brasil)*.
 7. Szott, L., Ibrahim, M., Beer, J. (2000). *The hamburger connection hangover: Cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America*. Turrialba, CR, CATIE. 71 p.
 8. MAE (Ministerio del Ambiente). (2016). *Resultados del Programa Socio Bosque*. Recuperado de: <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/?q=node/44>. Quito-Ecuador.
 9. Díaz Franco, R., Acosta Mireles, M., Carrillo Anzures, F., Buendía Rodríguez, E., Flores Ayala, E. & Etchevers, J. (2007). *Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en Pinus patula schl*. Recuperado el 30 de septiembre 2017 de: <http://www.sidalc.net/repdoc/A11205e/A11205e.pdf>. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México pp. 25-34.
 10. FAO. (2014). *Evaluación de los Recursos forestales mundiales 2015. Informe Nacional Ecuador*. Recuperado el 08 de octubre de 2016, de: <http://www.fao.org/3/a-az203s.pdf>. Roma.
 11. Kimble, J. M., Lal, R. & Follett, R. F. (2002). *Agricultural practices and policies for carbon sequestration in soil*. Lewis Publishers, EUA. 512 p.
 12. Schulze, E. D., Wirt, Ch. & Heimann, M. (2000). *Managing forest after Kyoto*. *Science* 289(5487):2058-2059.
 13. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (2010). *Sistematización del Proyecto Restauración de la Biodiversidad y Desarrollo Comunal a través de la forestería análoga: de la teoría a la implementación en los bosques Modelo Reventazón (Costa Rica), Atlántida (Honduras) y Colinas Bajas (República Dominicana)*. Editado por Marie Eve Landry y Johanna Dowbiggin. – 1° ed. – Turrialba, CR:
 14. Ruiz, A. (2002). *Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 106 p.
 15. Cerda, H. & Brian, McLaren. (2016). *One landowner's approach to forest restoration and sustainable management*. Switzerland. CEM, Recuperado el septiembre 15 del 2017, de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>
 16. Sierra, R. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRG

& EcoCiencia, Quito. 194 pp.

17. GADMC. (2013). Estimación de la vulnerabilidad del cantón Cumandá, documento preliminar. Cumandá : SNGR-PNUD-ESPOCH.

18. INHAMI, I. N. (2017). Análisis de las condiciones climáticas registradas en el Ecuador continental en el año 2017 y su impacto en el sector agrícola. Quito: Estudios e investigaciones meteorológicas.

19. Sáenz, G. P., & Finegan, B. (2000). Monitoreo de la regeneración natural con fines de manejo forestal. *Manejo Forestal Tropical* 15.

20. Rognitz, M., Chacón, M., & Porro, R. (2009). Guía para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais. 1. ed. Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF)/Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 2009 Belém, Brasil. 81 p.

21. Schlegel, B. (2001). Estimación de biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. Universidad Austral de Chile. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. 13 p.

22. Pérez, D., Markku, K. (2005). Stand growth scenarios for *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Forest. Ecology and Management* 210:425–441.

23. Ruiz, A. (2002). Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 106 p

24. IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, US). (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, In IPCC Good Practice Guidance for LULUCF, Chapter 4: Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. Panel on Climate Change, Eds, Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia,

Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. p. 4, 113 – 116.

25. Forsythe, W. (1975). Física de suelos, manual de laboratorio. IICA, San José, Costa Rica. Serie de libros y materiales educativos No. 25. 212 p

26. Brown, P., Cabarle, B. & Livernash, R. (1997). Carbon counts: Estimating climate change mitigation in forestry projects. Estados Unidos, World Resources Institute. 25 p.

27. Torres, D. (2007). Evaluación de la sostenibilidad ecológica de los sistemas de forestería análoga, agroforestería convencional y un pastizal, tomando como referencia al bosque nativo en la comunidad de Nuevo Mundo, Cantón San Miguel de los Bancos, Pichincha. Disertación previa a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador.

28. Andi, L. (2015). Estimación del contenido de carbono en biomasa en la plantación de teca (*Tectona grandis*), ubicado en la comuna San Pablo, sector Río Basura, cantón Joya de los Tsáchilas, parroquia San Sebastián del Coca, provincia de Orellana. Coca, Ecuador.

29. Cubero, J. A. & Rojas, S. A. (1999). Fijación de carbono en plantaciones forestales de melina (*Gmelina arborea* Roxb), teca (*Tectona grandis* L.f) y pochote (*Bombacopsis quinata* Jacq.) en los cantones de Hojanca, y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Lic. Heredia, CR, UNA. 95 p.

30. Alvarado, A., & Forsythe, W. (2005). Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/436/43629109.pdf>. Costa Rica.

31. Saderghian et, al. (1998). Un método para la medición de carbono en los compartimentos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de Ladera en México. p. 15. México.

32. Amponsah, IG. (1998). Forest soil characteristics and variability under teak (*Tectona grandis* Linn. F) plantations and natural forests in Ashanti Region, Ghana. MScF thesis, Faculty of Forestry and the Forest Environment, Lakehead University, Thunder Bay. Ont. 88 p.

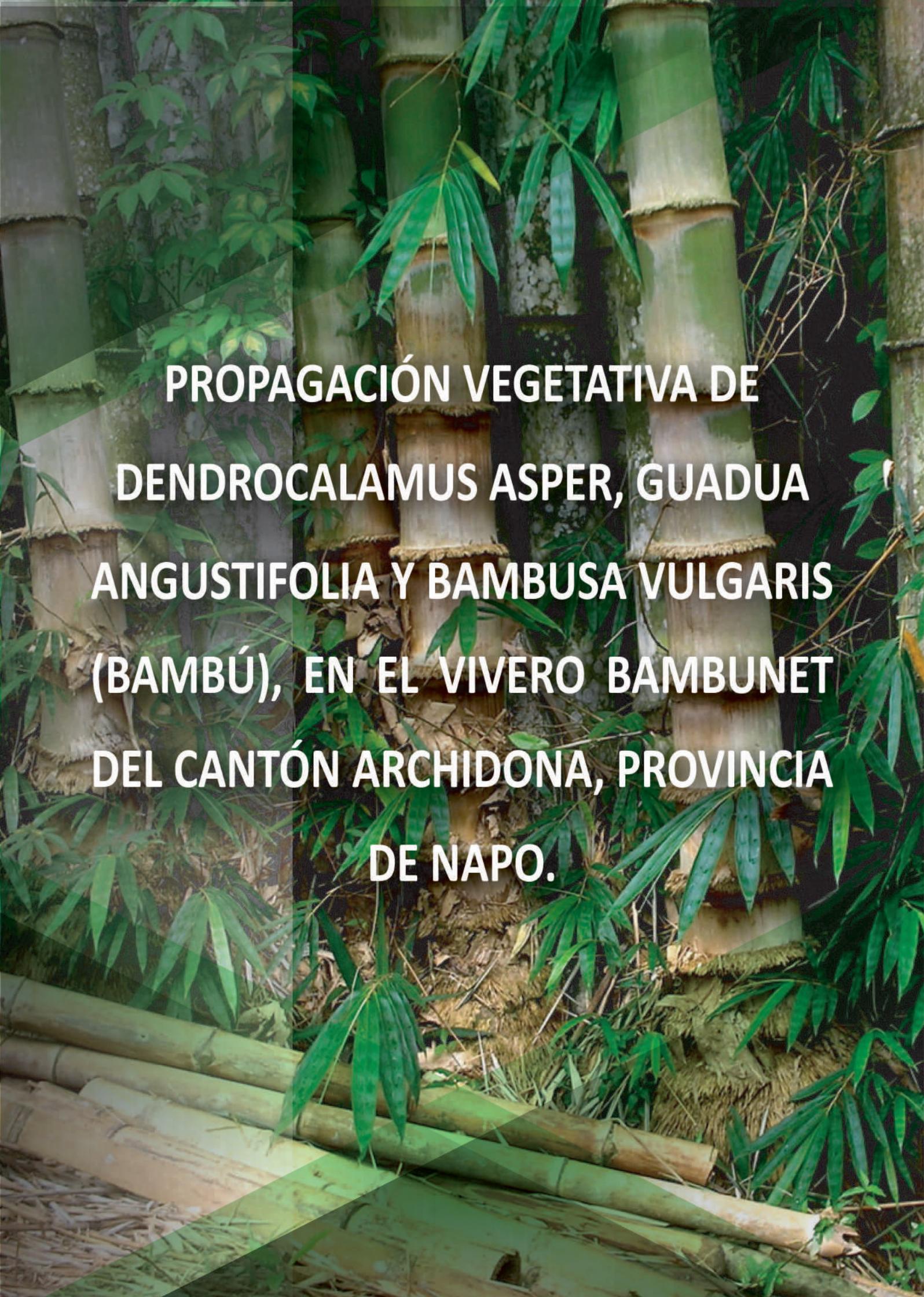
33. Ramos, R. A. (2003). Fraccionamiento del carbono orgánico del suelo en tres tipos de uso de la tierra en fincas ganaderas de San Miguel de Barranca, Puntarenas-Costa Rica. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

34. Jose & Koshy. (1972). Cambios en la cobertura de la tierra en el valle del Río Momboy, estado Trujillo. *Geoenseñanza*, 8.

35. Galanti, J., & Rosell, R. (2006). Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production system in semiarid Pampean soils. *Soil till. Res.*, 87:72-79.

36. Payán, M. (2006). Sistemas agroforestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. São Paulo, Brazil: ESALQ/USP.

37. Lavelle, P., Rodríguez, N., Arguello, O., Bernal, J., Botero, C., Chavarro, P., Gómez, Y., Gutiérrez, A., Hurtado, M. P., Loaiza, S., Pulido, S. X., Rodríguez, E., Sanabria, C., Velásquez, E., & Fonte, S. J. (2014). Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia. *Agric. Ecosys. Environ.* 185:106-117.



**PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE
DENDROCALAMUS ASPER, GUADUA
ANGUSTIFOLIA Y BAMBUSA VULGARIS
(BAMBÚ), EN EL VIVERO BAMBUNET
DEL CANTÓN ARCHIDONA, PROVINCIA
DE NAPO.**

Propagación vegetativa de *Dendrocalamus asper*, *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* (bambú), en el vivero bambunet del cantón Archidona, provincia de Napo.

(Vegetative propagation of *Dendrocalamus asper*, *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* (bamboo) in the bambunet vivarium of Archidona canton, in Napo province)

A. Sánchez Martínez*, E. Salazar Castañeda, D. Román, C. Carpio Coba

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Forestal Riobamba, Ecuador

*Correspondencia: E-mail: ams_88martinez@outlook.es (A. Sánchez Martínez)

RESUMEN

La presente investigación plantea: propagar vegetativamente *Dendrocalamus asper*, *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* (bambú), en el vivero Bambunet del cantón Archidona, provincia de Napo, a través del método de segmentos de ramas, utilizando dos fitohormonas para mejorar el enraizamiento: ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalacético (ANA). Se propagó 450 segmentos de ramas de las tres especies. Se aplicó un diseño completo al azar con estructura factorial, con 10 repeticiones y con 5 plantas en cada unidad experimental. Los factores evaluados fueron: las especie de bambú y las hormonas aplicadas, cada uno con tres niveles. Con las hormonas evaluadas no se obtuvieron los resultados esperados, en relación a la supervivencia los porcentajes más altos se obtuvieron con el testigo (sin hormona) y *Dendrocalamus asper*, en relación al número de brotes se evidenció una mayor cantidad en *Dendrocalamus asper*, pero sin diferencia estadísticas de las hormonas aplicadas, aunque no hubo diferencias estadísticas, se observó en *Bambusa vulgaris* con la hormona AIB una cantidad y longitud considerable de raíces. La propagación de bambú se considera rentable económicamente, siendo un ingreso para los productores de la provincia, por lo cual es de suma importancia incentivar a la propagación de especies multipropósito en la Amazonía.

Palabras Clave: ANA, AIB, fitohormonas, brotes, segmentos de ramas.

ABSTRACT

The present research proposes: vegetatively propagating *Dendrocalamus asper*, *Guadua angustifolia* and *Bambusa vulgaris* (bamboo) in the Bambunet vivarium of Archidona canton, in Napo Province; through the branch segment method, using two phytohormones to improve rooting: indolebutyric acid (AIB) and naphthalacetic acid (ANA). 450 branch segments of the three species were propagated. A randomized complete design with factorial structure was applied, with 10 replicates and 5 plants of each experimental unit. The factors evaluated were: the species of bamboo and the hormones applied, each with three levels. With the evaluated hormones the expected results were not obtained, in relation to the survival the highest percentages were obtained with the control (without hormone) and *Dendrocalamus asper*, in relation to the number of outbreaks showed a greater amount of *Dendrocalamus asper*, but without difference statistics of the applied hormones, although there were no statistical differences, was observed in *Bambusa vulgaris* with the hormone AIB a considerable amount and length of roots. The propagation of bamboo is considered economically profitable, being an income for the producers of the province, which is extremely important to encourage the propagation of multipurpose species in the Amazon.

Key words: ANA, AIB, phytohormones, brotes, segments of branches.

1. Introducción

En Latinoamérica, no se le ha dado la importancia necesaria al bambú para las economías locales (1), principalmente en las regiones de la costa y oriente del Ecuador utilizan mucho la caña guadua, especialmente las personas de bajos recursos, cuyo principal uso es en viviendas y artesanías, por lo que la ven como símbolo de pobreza (2). En Ecuador, debido a los diferentes beneficios ecológicos y económicos que ofrece el bambú, se está empezando a dar énfasis en la reforestación y aprovechamiento, ya que también es importante para ciertas industrias reduciendo el impacto ecológico de dichas actividades (3).

Guadua angustifolia Kunth, caña comúnmente de 18 m de altura hasta 30m, diámetros entre 10 y 15 cm, erectos, entre nudos huecos, hoja triangular, persistente que envuelve el tallo, espinosas en los nudos (4). *Bambusa vulgaris* Schrader ex J.C. Wendland, originario de Asia tropical cuyos culmos son rectos de 10 hasta 20 m altura, con diámetros de 5 a 15 cm, nudos basales enraizados (5). *Dendrocalamus asper* Schultes & J.H. Schultes, el origen no es seguro, pero es probable que se originaran en el norte de Malasia; de grandes tallos leñosos entre 20-30 m de altura y 8-20 cm de diámetro; los tallos inferiores muestran las raíces aéreas (raicillas) de los nodos, de color verde pálido y cubierto de pelos cortos de color marrón (6). En nuestro país existen pocas investigaciones sobre diferentes tipos de propagación vegetativa de bambú, siendo su floración gregaria o esporádica lo que dificulta el establecimiento de grandes poblaciones de bambú, además es muy difícil de obtener la semilla para la propagación sexual, porque estas florecen cada 50-80-100 años, por tal motivo se propone la propagación vegetativa mediante segmentos de ramas con dos tipos de enraizadores ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalacético (ANA); dentro de las variables evaluadas están: el porcentaje de supervivencia, el número de brotes y raíces de las tres especies de bambú. Adicionalmente se hizo un análisis de los costos de propagación bajo vivero por el

método de segmentos de ramas lo cual motivaría a los viveristas comunitarios de la Provincia de Napo a la producción de las diferentes especies en gran escala.

2. Materiales y métodos

2.1 Localización

La presente investigación se realizó en el vivero privado “Bambunet” situado en la provincia de Napo, cantón Archidona, parroquia Cotundo.

La localidad de acuerdo con la clasificación de las zonas de vida corresponde a la formación Bosque muy húmedo pre montano (BMHP) (7).

2.2. Manejo del experimento

La delimitación del área de estudios se realizó en el vivero “BAMBUNET” ubicado en el cantón Archidona, provincia de Napo, posteriormente se procedió con los trabajadores a limpiar el área con ayuda del azadón, seguido de la instalación de la infraestructura del vivero con cañas de *Bambusa vulgaris* y sarán. La recolección de los segmentos de ramas se realizó en la parroquia San Francisco y Cotundo, de acuerdo a las mejores características de la planta madre, culmos rectos y jóvenes que tenían una edad aproximada de 2,5 a 3 años, el material a propagarse fue solo de las ramas principales asegurándose que contengan en su base raíces falsas, yemas, dos entrenudos y tres nudos alternos, de 45 a 60 cm de largo, la fitohormona Ascokill (AIB), fue preparada en una tina con 20 L de agua con 80 ml de enraizador, el cual se mezcló con 20gr de Vitavax para la desinfección de los segmentos de ramas, luego se sumergió durante 5 minutos. En caso de Hormonagro #1 (ANA), se desinfectó con Vitavax (5 g/L de agua), en 5 L de agua se aplicó 25 gr del producto durante 5 minutos, posteriormente se sumerge la base de los segmentos de ramas en el polvo fitohormona durante 5 segundos y luego se procedió a la siembra con una inclinación que formaba un ángulo de 45°.

Las labores culturales que se dieron fueron protección, deshierbe. No se proporcionó riego

debido a la fuerte época invernal existente al momento de realizar el estudio

2.3. Diseño del experimento y análisis de los datos

Se utilizó el Diseño Completo al Azar (DCA), con arreglo factorial (dos enraizadores y tres especies de bambú, con testigo en cada una de las especies), con repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por 5 segmentos de ramas. El sustrato utilizado fue tierra del lugar, con la que se llenó 450 fundas de 12x12 pulgadas, las que posteriormente fueron ubicadas en el área de vivero designada.

Las variables que se tomaron en cuenta dentro de la investigación fueron la supervivencia, número de brotes, número y longitud de raíces. Los análisis de los datos fueron realizados con el programa Infostat.

Dentro de las características climáticas tenemos una temperatura máxima de 29,86 °C, una temperatura mínima de 18,51 °C, una precipitación promedio: 4 920mm, una humedad relativa de 70% y un clima cálido – húmedo.

3. Resultados y discusión

3.1. Supervivencia

No se observaron efectos en la interacción hormona x especie, por lo que se procedió a analizar por separado los efectos de los factores. Hubo un efecto en la supervivencia causado por el factor especie, se observaron dos rangos de agrupación en donde *G. angustifolia* presentó el menor porcentaje de supervivencia con una media de 14,62%; en el otro rango con un mayor porcentaje de supervivencia encontramos a *B. vulgaris* con una media de 69,38% y *D. asper* con una media de 72,99% (Fig. 1).

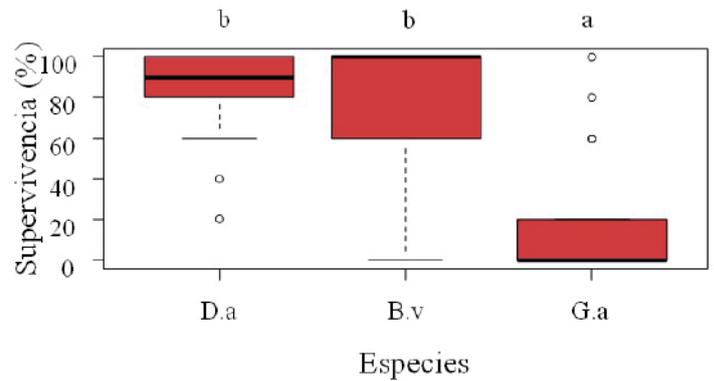


Fig. 1. Supervivencia de *Dendrocalamus asper*, *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia*, durante la fase de vivero a los 78 días iniciada la siembra de los segmentos de ramas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Para *G. angustifolia* el método por estacas que utiliza ramas laterales no es muy usado por los bajos porcentajes de brotación y prendimiento, Gallardo también menciona que la mejor vía de propagación es a partir de chusquines (8). Resultados similares fueron observados por Giraldo, H. y Sabogal (9).

Para *D. asper* el método por segmentos de ramas es efectivo y fácilmente manejable, debido a que esta especie se caracteriza por sus raíces aéreas en la base de las ramas laterales (10).

Para *B. vulgaris* el mejor método de propagación es por medio de vareta con una o dos yemas visibles (11). Además que presenta una propensión al enraizamiento superior a otras especies (12).

También hubo un efecto en la supervivencia causado por el factor hormona, se observaron tres rangos de agrupación donde ANA (ácido naftalacético) presentó el menor porcentaje de supervivencia, con una media de 45,77%; en el otro rango AIB (ácido indolbutírico), con una media de 50,50%; y por último el rango que presenta una mayor supervivencia, fue el testigo con una media de 60,73% (Fig. 2).

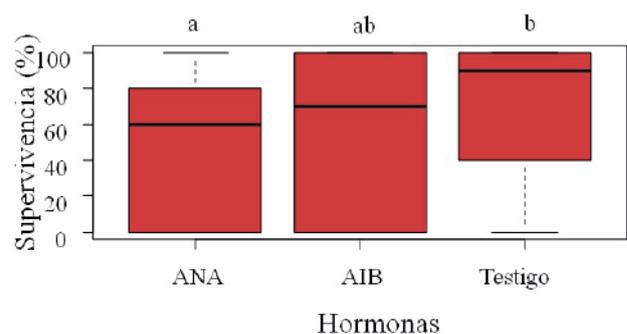


Fig. 2. Efecto de las hormonas ANA (ácido naftalacético), AIB (ácido indolbutírico) y Testigo, en la supervivencia de las tres especies de bambú durante la fase de vivero a los 78 días iniciada la siembra de los segmentos de ramas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Los resultados encontrados en la literatura para el enraizamiento con el uso de auxinas no siempre han sido satisfactorios, necesitando desarrollar técnicas más específicas para cada cultura, con el objetivo de obtener resultados satisfactorios (12, 13, 14).

3.2. Número de brotes

Al aplicar la prueba Kruskal Wallis se encontraron diferencias significativas entre las especies. Se observan tres rangos, siendo *G. angustifolia* la que presentó el menor número de brotes con una mediana de 0,00; mientras que *B. vulgaris* si presentó brotes con una mediana de 3,20 y *D. asper* fue la que presentó la mayor cantidad de brotes con una mediana de 5,70 (Fig. 3).

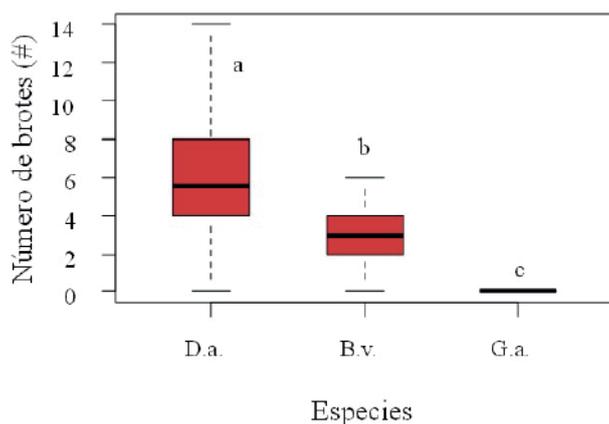


Fig. 3. Número de brotes de *Dendrocalamus asper*, *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia*, durante la fase de vivero a los 78 días iniciada la siembra de los segmentos de ramas. Medianas con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El tratamiento constituido por el método de yema con segmento de rama con dos nudos aplicado a *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult.), tuvo el menor tiempo de emisión de brotes (días) (15), además el tipo de propágulo que produjo mayor porcentaje de brotes de *Dendrocalamus asper*, fue yema con segmento de rama con 62,96% (16).

Al aplicar la prueba Kruskal Wallis no se encontraron diferencias estadísticas entre hormonas, sin embargo con la hormona ANA se obtuvo una mediana de 1,90 brotes; con AIB se obtuvo una mediana de 2,60 brotes y el testigo llega a una mediana de 3,80 brotes (Fig. 4).

Los requerimientos en cuanto a tipo y

concentraciones de reguladores del crecimiento varían en función de la especie (17).

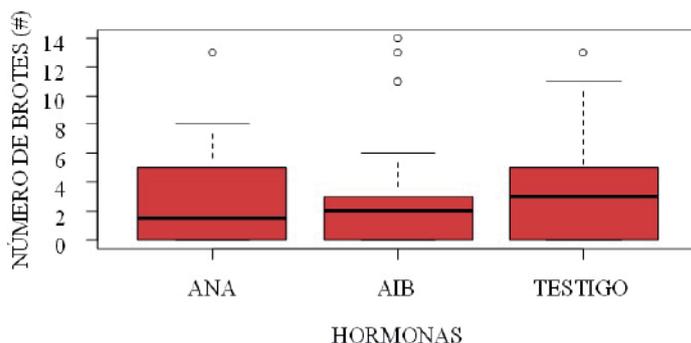


Fig. 4. Efecto de las hormonas ANA (ácido naftalacético), AIB (ácido indolbutírico) y Testigo, en el número de brotes de las tres especies de bambú durante la fase de vivero a los 78 días iniciada la siembra de los segmentos de ramas.

3.3. Número de raíces

Aunque no hubo efectos significativos entre las especies, se puede observar que *B. vulgaris* presenta mayor número de raíces, seguido de *D. asper* y por último *G. angustifolia* (Fig. 5).

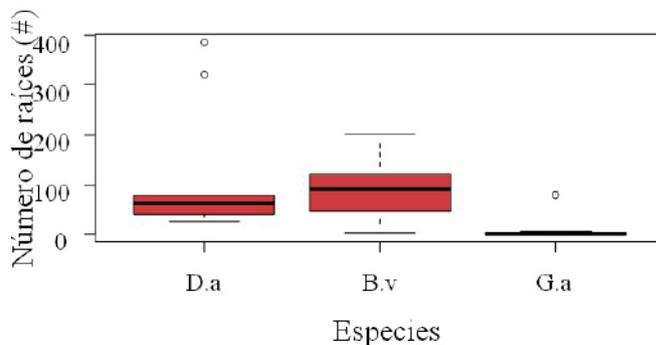


Fig. 5. Número de raíces de *Dendrocalamus asper*, *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia*, durante la fase de vivero a los 80 días iniciada la siembra de los segmentos de ramas.

La especie *Bambusa vulgaris* Schrad, entre edad de 1 y 2 años, verificaron que el mayor índice de enraizamiento ocurrió en estacas de las posiciones basales y medianas (15). También encontraron mayor potencial de enraizamiento en *B. vulgaris* (18).

Tampoco se observaron efectos significativos de las hormonas sobre el número de raíces. El AIB es el que aparentemente produce una mayor cantidad de raíces, seguido de testigo y por último la hormona ANA (Fig. 6).

En una investigación indica que AIB y ANA inducen

mejor enraizamiento con el menor tiempo de inmersión, y en concentraciones menores (19). También a altas concentraciones de hormonas causa toxicidad en los tejidos de la planta, por lo que a bajas concentraciones hay mejores resultados (20).

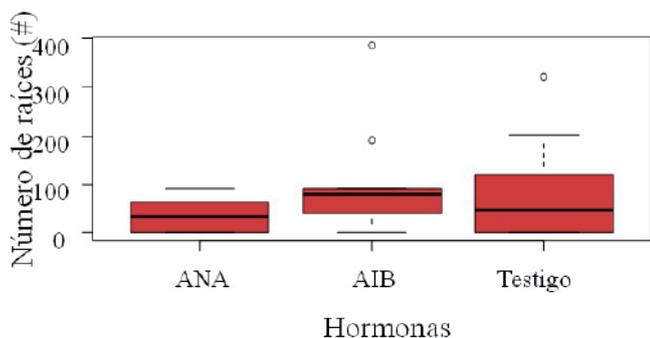


Fig. 6. Efecto de las hormonas ANA (ácido naftalacético), AIB (ácido indolbutírico) y Testigo, en el número de raíces de las tres especies de bambú durante la fase de vivero a los 80 días iniciada la siembra de los segmentos de ramas.

3.4. Longitud de raíces

Se observaron dos rangos de agrupación en donde *Guadua angustifolia* con una media de 5,58, presentó una menor longitud de raíces, en el otro rango *Dendrocalamus asper* con una media de 22,62 y *Bambusa vulgaris* con una media 34,61 presentaron una mayor longitud de raíces (Fig. 7). Mientras que la especie *Bambusa vulgaris* tiene un comportamiento radical que le permite desarrollar rizomas bulbosos de tamaño grande (visible) y una gran cantidad de raíces (12). No hubo efectos ni en la interacción ni el factor hormona. El AIB posee mala actividad auxínica pero cuenta con una excelente reacción rizógena (21). En concentraciones ideales se puede estimular el crecimiento radicular, y si hay exceso de dosificación puede tornarse inhibitorio, pues las raíces son muy sensibles a esas sustancias (22).

El ácido indolbutírico (0,85%) y ácido naftalacético (0,40%), no presentaron diferencias estadísticas en los resultados de supervivencia, evidenciándose que el testigo tuvo un mejor porcentaje de supervivencia; la especie *D. asper*

y *B. vulgaris* son estadísticamente similares; así también no hubo efecto estadístico en el número de raíces, aunque se puede observar una mayor cantidad de raíces en la especie *B. vulgaris*.

En una solución de 100 ppm (0,01%) de ácido indolbutírico y obtuvo excelentes resultados en *B. vulgaris* (23). Por el contrario, las hormonas no dan resultados y que su respuesta varía mucho entre especies (24).

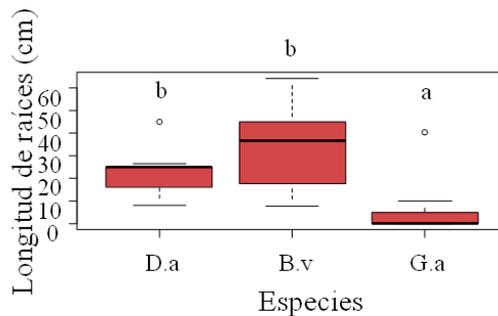


Fig. 7. Longitud de raíces de *Dendrocalamus asper*, *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia*, durante la fase de vivero a los 80 días iniciada la siembra de los segmentos de ramas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

3.5. Costos de producción bajo vivero

Los parámetros que se tomaron en cuenta son: insumos, transporte, infraestructura, mano de obra, herramientas y equipos menores y supervisión técnica.

De acuerdo a la (Tabla 1), los costos de venta del Vivero Bambunet se comparó y de esta investigación se obtiene una ganancia de USD 1,27 para la especie *D. asper* y de USD 0,77 para *B. vulgaris*.

Una vez analizado los costos, se asume que los costos del viverista con relación a la mano de obra son mayores y poco aprovechado, por ende se considera que están sobre estimado.

Tabla. 1. Costo real unitario por planta de bambú de acuerdo a las hormonas aplicadas

Enraizantes	AIB	ANA	Testig
Costo real unitario	1,27	1,34	1,23

4. Conclusiones

Las hormonas evaluadas en la presente investigación no mostraron los resultados esperados, ya que estadísticamente no existe diferencias significativas en el efecto de las hormonas en las especies de bambú, aunque se observa una mayor cantidad de raíces y una mayor longitud con la aplicación de AIB en la especie *B. vulgaris*.

Motivar a la propagación intensiva de la especie de *Dendrocalamus asper* por los buenos resultados obtenidos en esta investigación y además de ser una especie de rápido crecimiento pudiendo ser apoyo importante en la reforestación.

Según este estudio la especie de *Dendrocalamus asper* es la más rentable de propagar a gran escala debido posiblemente a las características fisiológicas y diversos usos importantes para el ambiente y la economía del productor, además que no se necesita de aplicación de hormonas de crecimiento, ya que está se desarrolla de forma óptima a través del método de segmentos de ramas.

La propagación de bambú es una opción económicamente rentable para los productores de la zona, especialmente de las dos especies prendidas de bambú *B. vulgaris* y *D. asper* utilizando el método de segmentos de ramas.

Agradecimientos

Al Ingeniero Fausto Quelal por el apoyo brindado para la realización del presente estudio.

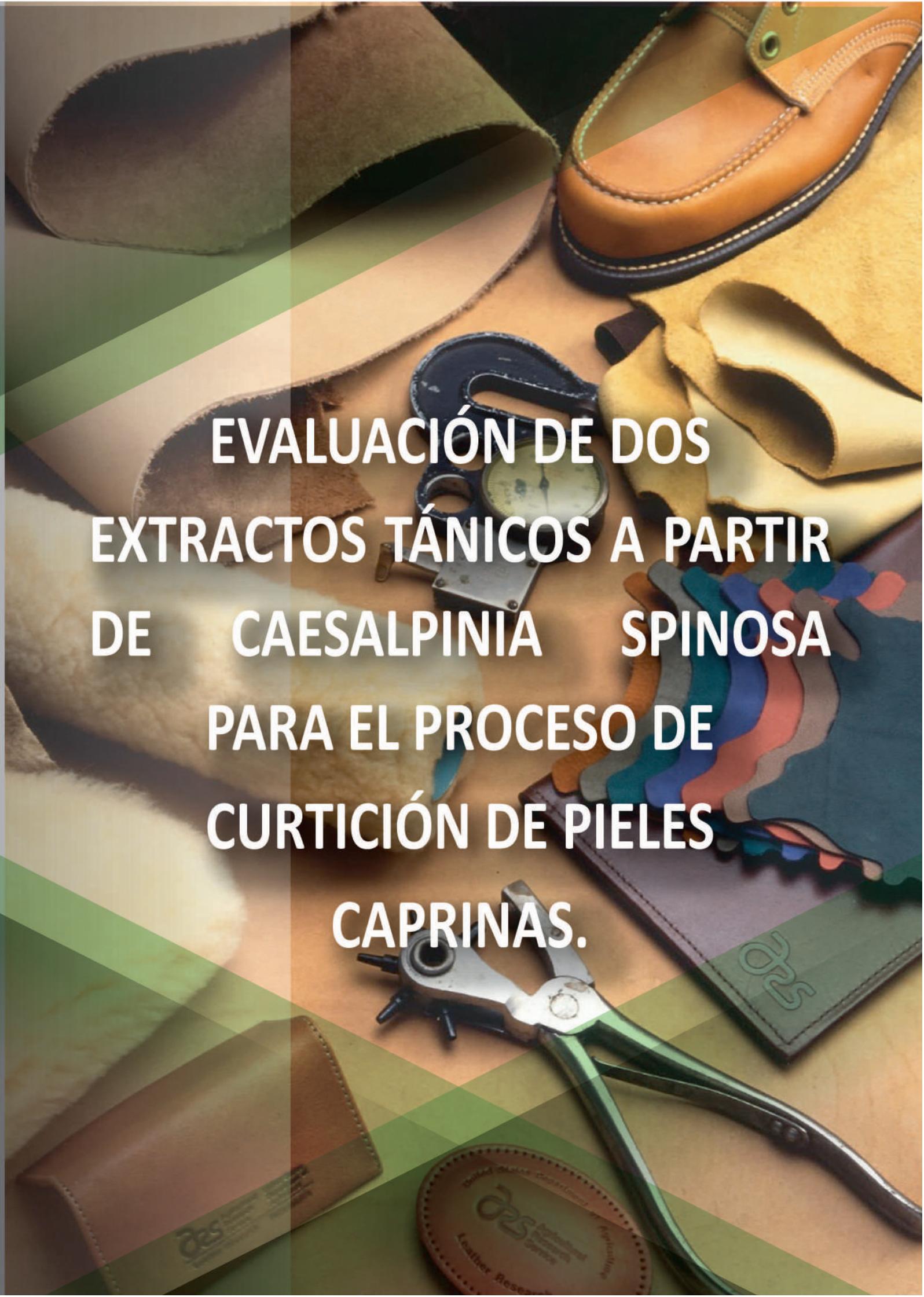
Referencias

1. Londoño, X. (1998). Evaluation of bamboo resources in Latin America. A Summary of the Final Report of Project, (96-8300); 1-4.
2. Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones-CORPEI. (2003). Estudio de Mercados

Internacionales para productos ecuatorianos derivados del Bambú. Quito- Ecuador.

3. Cobo, C. (2008). Edificios de hierba. Ecuador: tierra incógnita.
4. McClure, F. A. (1966). The bamboos. A fresh perspective. The Bamboos. A Fresh Perspective. USA.
5. González, M., & Freire, M. (2013). Multiplicación in vitro de brotes de *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland en medio de cultivos líquidos, 1-70.
6. Schröder, S. (2010). Bamboo species, *Dendrocalamus asper*. Recuperado el 10 de mayo del 2017, de <http://www.guaduabamboo.com/species/dendrocalamus-asper>.
7. Cañadas, L. (1983). El mapa ecológico y bioclimático del Ecuador. MAG-Pronareg. Quito, 210.
8. Gallardo, J., Freire, M., García, Y., Pérez, S., González, M., & León, J. (2008). Comportamiento en la brotación de las yemas de estacas de *Guadua angustifolia* Kunth empleadas en la propagación. *Cultivos Tropicales*, 29(1); 17-22.
9. Giraldo, H., & Sabogal, E. (2007). Una alternativa sostenible: la *Guadua* técnicas de cultivo y manejo. (3a ed). Colombia.
10. Takahashi, J., & PERUBAMBU. (2006). Bamboo in Latin America: past, present and the future. In *Bamboo for the Environment, Development and Trade* (Abstracts and Papers published in International Bamboo Workshop Wuyishan City, Fujian, China on 23 October 2006, Sponsored by International Network for Bamboo and Rattan China State Forestry Administration (pp. 4-12).
11. Vela, G. L. (1982). Los bambúes. *Boletín Técnico*, (50). Yucatán.
12. Francis, J. K. (1993). *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendl. Common bamboo. SOITF-SM-65. New Orleans, LA US Department of Agriculture, Forest

- Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p. Sectors in Tropical China. 67-82. China Forestry Publishing House. Proceedings.
13. Radmann, E. B., Fachinello, J. C., & Peters, J. A. (2002). Efeito de auxinas e condições de cultivo no enraizamento in vitro de porta-enxertos de macieira'M-9'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(3); 624–628.
14. Tofanelli, M. B. D., Chalfun, N. N. J., Hoffmann, A., & Júnior, A. C. (2002). Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de ramos semilenhosos de pessegueiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(7); 939– 944.
15. Araujo Espinoza, D. L. (2015). Propagación vegetativa de *Dendrocalamus asper* (Schult. Schult. f.) Backer ex K. Heyne y *Guadua angustifolia* Kunth establecidas en campo definitivo, Tulumayo-Tingo María. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú.
16. Díaz, M. J. M. (2012). Efecto de la gallinaza y tipo de propágulo, en la multiplicación de *Dendrocalamus asper* (Schultes & J. H. Schultes) Backer ex K. Heyne, Poaceae, “bambú asper”; en finca “El Carmen”, San Miguel Panán, Suchitepéquez. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
17. Marulanda, M., Carvajalino, M., Vargas, C., & Londoño, X. (2002). La biotecnología aplicada al estudio y aprovechamiento de la *Guadua*. Memorias Seminario-Taller: Avances en la Investigación sobre *Guadua*. Pereira - Colombia. 1–5.
18. Kaushal, R., Gulabrao, Y. A., Tewari, S. K., Chaturvedi, S., & Chaturvedi, O. P. (2011). Rooting behaviour and survival of bamboo species propagated through branch cuttings. *Indian Journal of Soil Conservation*, 39(2); 171–175.
19. Neto, M. C. L., Santana Ribeiro, J., & Neto, E. B. (2009). Rooting of bamboo cuttings with auxin treatments. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient*, 7(2); 175–179.
20. Zanol, G. C., Luces Fortes, G. R., Da Silva, J. B., Faria, J. T. C., Gottinari, R. A., & Centellas, A. Q. (1998). Uso do ácido indolbutírico e do escuro no enraizamento in vitro do porta-enxerto de macieira'Marubakaido'. *Ciência Rural*, 28(3); 387– 391.
21. Boutherin, D., & Bron, G. (1994). Multiplicación de plantas hortícolas. *ACRIBIA*. Zaragoza- España.
22. Alvarenga, L. D., & Carvalho, V. D. (1983). Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, 9(101); 47–55.
23. Uchimura, E. (1978). Ecological studies on cultivation of tropical bamboo forest in the Philippines. *Bulletin, Forestry and Forest Products Research Institute, Japan*, (301); 79–118.
24. White, D. G. (1948). Bamboo culture and utilization in Puerto Rico. *Circular (Puerto Rico Experiment Station)*; No. 29.

The background is a collage of leather-related items. At the top left is a brown leather shoe. To its right is a tan leather shoe with white stitching. Below these are various pieces of leather in different colors and textures. In the center, there is a blue and silver gauge. To the right of the gauge is a color chart with several colored swatches. At the bottom, there is a silver hole punch and a brown leather piece with a circular stamp that says "Leather Reserve".

**EVALUACIÓN DE DOS
EXTRACTOS TÁNICOS A PARTIR
DE CAESALPINIA SPINOSA
PARA EL PROCESO DE
CURTICIÓN DE PIELES
CAPRINAS.**

Evaluación de dos extractos tánicos a partir de *Caesalpinia spinosa* para el proceso de curtición de pieles caprinas. (Evaluation of two tannic extracts from *Caesalpinia spinosa* for the tanning process of goat skin)

E. Basantes Basantes *, O. Guadalupe Arias

Dpto. de Ciencias Analíticas. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia. Paseo senda del Rey 928040 Madrid.

*Correspondencia. E-mail: ebasantes@epoch.edu.ec (E. Basantes Basantes)

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto curtiente de dos extractos tánicos a partir de las vainas de *Caesalpinia spinosa* en pieles caprinas. Para ello se obtuvo un extracto hidroalcohólico y un extracto acuoso a partir de las vainas de *Caesalpinia spinosa*, posteriormente se cuantificó el contenido de taninos mediante el método de Folin Ciocalteu obteniéndose 53% en el extracto hidroalcohólico y 51% en el extracto acuoso. Se realizó el proceso de curtiembre de pieles caprinas que incluyó tres tratamientos: sulfato básico de cromo como tratamiento patrón (T1), extracto hidroalcohólico (T2) y extracto acuoso (T3). Los resultados infieren que el tratamiento más adecuado fue el extracto hidroalcohólico (T2), obteniendo productos con mejores características físicas, el análisis estadístico mostró diferencia significativa frente al tratamiento T1 y T3: resistencia a la tensión (2 498,57 N/cm²), alargamiento a la rotura (68%), y distención (10,26 mm), que superan las exigencias de calidad para cuero destinado a la confección de calzado establecido por la Norma ecuatoriana NTE INEN 1810. La evaluación sensorial del cuero al ser curtido con el tratamiento T2, reportó la mejor evaluación: redondez (3,83 puntos), y llenura (4,83 puntos), excepto blandura (3,83 puntos).

Palabras claves: curtiembre, extractos, taninos.

ABSTRACT

The present study evaluated the tanning effect of two tannic extracts from *Caesalpinia spinosa* pods on goat skin. For this purpose a hydroalcoholic extract and an aqueous extract were obtained from the pods of *Caesalpinia spinosa*, the tannin content was then quantified using the method of Folin Ciocalteu obtaining 53% in the hydroalcoholic extract and 51% in the aqueous extract. The tanning process was carried out in goatskin, which included three treatments: basic chromium sulfate as standard treatment (T1), hydroalcoholic extract (T2) and aqueous extract (T3). The results showed that the most appropriate treatment was the hydroalcoholic extract (T2), obtaining products with better physical characteristics, the statistical analysis showed a significant difference compared the treatment T1 and T3: resistance to stress (2 498, 57 N / cm²) elongation at break (68%) and distention (10, 26 mm), which exceeded the leather quality requirements for shoemaking established by the Ecuadorian Standard NTE INEN 1810. The evaluation (3, 83 points), and fullness (4, 83 points), except for softness (3, 83 points).

Key words: tanneries, extracts, tannins.

1. Introducción

El proceso de curtido consiste en transformar la piel en cuero, que es una valiosa materia prima, imputrescible, flexible e inmune al ataque bacteriano. Este proceso se puede realizar mediante taninos que son sustancias de origen vegetal, o con cromo (III) que es empleado como agente curtidor universal (1). Los diversos compuestos de este metal representan una gran amenaza debido a sus efectos nocivos. Según la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) el cromo (III) se lo clasifica dentro del grupo 3: no clasificable como carcinógeno para los humanos, pero el cromo (VI) se lo clasifica dentro del grupo 1 carcinógeno para los humanos (2)

El sector industrial de las curtiembres genera descargas con volúmenes altos de concentrados de cromo. La dificultad que presenta el uso de sales de cromo en el curtido de pieles se debe a la gran cantidad de curtiente que no se fija en las pieles y finalmente se descarga al ambiente en las aguas residuales como en sus sedimentos causando efectos negativos al tener contacto tanto las personas, flora y fauna que forma el ecosistema circundante de las empresas dedicadas a esta labor (3).

Una alternativa que ya ha sido objeto de múltiples estudios no solo nacionales sino también internacionales es la utilización de una curtición vegetal, que se considera muy amigable con el ambiente al utilizar productos que son fácilmente degradables. Los taninos son compuestos que se utilizaban en curtición y la *Caesalpinia spinosa* es una planta que contiene del 40 al 60% de estos metabolitos (4).

Por ello esta investigación propone conocer si con el uso de extractos tánicos obtenidos a partir de la *Caesalpinia spinosa* se puede obtener cueros con similares características de calidad a los obtenidos mediante el uso de Cr (III). Para ello se propone (i) la obtención de dos extractos tánicos un hidroalcohólico y otro acuoso. (ii) la cuantificación del contenido de taninos en los extractos y (iii) la evaluación de las características

de calidad que presentan los cueros obtenidos después del proceso de curtido (Tabla 1).

Tabla 1. Esquema del experimento

Tratamientos	Código	Repetición	TUE	Total de pieles
Tratamiento patrón (Sulfato básico de cromo)	T1	6	1	6
Extracto Hidroalcohólico	T2	6	1	6
Extracto acuoso	T3	6	1	6
Total de pieles caprinas				18

T= Tratamiento

TUE= Tamaño de la unidad experimental

2. Materiales y métodos

2.1. Tratamiento y diseño experimental

En la presente investigación se evaluó el efecto curtiente de dos extractos tánicos a partir de *Caesalpinia spinosa*, en comparación con un tratamiento patrón (sulfato básico de cromo). Para el proceso de curtición se utilizaron pieles caprinas, por lo que las unidades experimentales fueron distribuidas bajo un Diseño Completamente al Azar Simple. Para la determinación de la significancia de las variables sensoriales se utilizó la prueba de Kruskal – Wallis.

2.1.1. Obtención de extractos a partir *Caesalpinia spinosa*

Para la obtención de los extractos tánicos se utilizó la harina de las vainas de *Caesalpinia spinosa* producida en la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la harina obtenida se la sometió a un sistema de tamices para obtener un polvo fino de tamaño de partícula de aproximadamente 200 μm .

Obtención del extracto hidroalcohólico

Se pesó 100 g de material vegetal en una balanza analítica marca Ohaus se realizó la verificación de la misma con una pesa de 100 g, se transfirió

la muestra a un balón y se aforó a 1 000 mL con alcohol etílico al 50%, se sometió a calentamiento por un tiempo de 60 min con continua agitación en una plancha de calentamiento a una temperatura de 60°C +/- 0,5°C, se verifico la temperatura con un termómetro digital marca WTW, se enfrió y filtró, la solución resultante se conservó en un frasco ámbar, se realizó una segunda extracción del residuo con 1 000 mL de alcohol etílico al 50% la cual se añadió a la solución anterior, la solución resultante se concentró en una incubadora marca Memmert a 35°C, (se realizó la verificación de la temperatura de la incubadora con un termómetro patrón en 3 puntos en cada bandeja) hasta obtener aproximadamente 250 mL. El extracto obtenido fue sometido a un proceso de liofilización a -54°C para obtener un extracto seco, se utilizó un liofilizador marca Thermo, el extracto liofilizado se pesó en una balanza analítica marca Ohaus y se almacenó en frascos ámbar (Tabla 2).

Obtención del extracto acuoso

Se pesó 100 g de material vegetal en una balanza analítica marca Ohaus se realizó la verificación de la misma con una pesa de 100 g, se transfirió la muestra a un balón y se aforó a 1 000 mL con agua destilada, se sometió a calentamiento por 60 min con continua agitación en una plancha de calentamiento a una temperatura de 60°C +/- 0,5°C, se verificó la temperatura con un termómetro digital marca WTW, se enfrió y filtró, la solución resultante se conservó en un frasco ámbar, se realizó una segunda extracción del residuo con 1 000 mL de agua destilada, la cual se añadió a la solución anterior, la solución resultante se concentró en una incubadora marca Memmert a 35°C, (se realizó la verificación de la temperatura de la incubadora con un termómetro patrón en 3 puntos en cada bandeja) hasta obtener aproximadamente 250 mL. El extracto obtenido fue sometido a un proceso de liofilización a -54°C para obtener un extracto seco, se utilizó un liofilizador marca Thermo, el extracto liofilizado se pesó en una balanza analítica marca Ohaus y se almacenó en frascos ámbar (Tabla 2).

Tabla 2. Preparación de soluciones

	V. Est. uL	Folin-Ciocalteu (uL)	Carbonato de sodio (mL)	V. de aforo con agua destilada (mL)
Blanco	500	500	10	25
Est. 100 mg/L	500	500	10	25
Est. 200 mg/L	500	500	10	25
Est. 300 mg/L	500	500	10	25
Est. 400 mg/L	500	500	10	25
Est. 500 mg/L	500	500	10	25

Est. = estándar

V.=volumen

2.1.2. Cuantificación de taninos en los extractos

Para la lectura de las muestras se siguió el método de Folin-Ciocalteu descrito por Pérez (5). Se preparó 5 patrones para la construcción de la curva de calibración: 100, 200, 300, 400, y 500 mg/L a partir de una solución madre de Ácido Gálico de 5 000 mg/L (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados concentración de ácido gálico en los extractos

		A G. mg/Kg	T. %
Ext. H	n= 10	528753,75	52,88
Ext. Ac	n= 10	503036,09	50,30

Ext. = extracto

H = hidroalcohólico A= acuoso

n= número de repeticiones

T= taninos

Preparación del Blanco

Se tomó 500 uL de agua destilada y se colocó en un matraz de 25 mL, se añadió 500 uL de la solución de Folin-Ciocalteu, se dejó reposar 3 min, luego se añadió 10 mL de la solución de carbonato de sodio y 14 mL de agua destilada, se agito la solución en un vortex, transcurrido 60 minutos se colocó 200 uL en la placa de pocillos y se leyó las absorbancias en un espectrofotómetro uv-vis marca Bio Tek Epoch a una longitud de onda de 750 nm.

Preparación de Estándares

Se tomó 500 uL del estándar de 100 mg/L y se colocó en un matraz de 25 mL se añadió 500 uL de la solución de Folin-Ciocalteu, se dejó reposar 3 min, luego se añadió 10 mL de la solución de carbonato de sodio y se aforo con agua destilada a 25 mL, se agito la solución en un vórtex, transcurrido 60 minutos se colocó 200 uL en la placa de pocillos y se leyó las absorbancias en un espectrofotómetro uv-vis marca BioTek Epoch a una longitud de onda de 750 nm (Tabla 5).

Tabla 5. Datos de absorbancia y concentración para la construcción de la curva de calibración

Conc. mg/L	Abs
0,00	0,024
100,00	0,140
200,00	0,237
300,00	0,381
400,00	0,506
500,00	0,625

Abs= absorbancia

Conc= concentración

Se llevó a cabo el mismo procedimiento con los estándares de 200, 400, 600, 800 y 1 000 mg/L. En la (Tabla 3) se muestran los volúmenes a tomar de los distintos reactivos para la preparación de las soluciones coloreadas a distinta concentración.

Lectura de la concentración de taninos en los extractos

Se realizó la verificación de la curva de calibración próxima a su punto medio con un estándar de ácido gálico de 250 mg/L.

Extracción de taninos de la muestra de extractos tánicos

Se pesó 0,125 g de extracto vegetal en una balanza analítica marca Ohaus, se realizó la verificación de la misma con una pesa de 1 g, se añadió 5 mL de la solución metanol/agua (50:50), se agitó a temperatura ambiente durante 60 minutos, se centrifugo la muestra en una centrifuga a 4 000 rpm durante 30 minutos, se recogió el sobrenadante.

Al residuo de la extracción anterior se le añadió 5 ml de acetona/agua (70:30), se agitó a temperatura ambiente durante 1 hora, se centrifugo a 4 000 rpm durante 30 minutos y se recogió el sobrenadante. Se mezclaron los dos sobrenadantes y se aforo en un balón a 10 mL. De esta solución se tomó una alícuota de 1 mL y se aforo a 250 mL con agua destilada.

Lectura de la muestra

De esta solución anterior se tomó una alícuota de 500 uL y se colocó en un matraz de 25 mL se añadió 500 uL de la solución de Folin- Ciocalteu, se dejó reposar 3 min, luego se añadió 10 mL de la solución de carbonato de sodio y se aforo con agua destilada a 25 mL, se agito la solución en un vórtex, transcurrido 60 minutos se colocó 200 uL en la placa de pocillos y se leyó las absorbancias en un espectrofotómetro uv-vis marca BioTek Epoch a una longitud de onda de 750 nm.

El mismo procedimiento se llevó a cabo tanto con el extracto hidroalcohólico y acuoso obtenidos a partir de *Caesalpinia spinosa*.

En la (Tabla 3) se muestran los volúmenes a tomar de los distintos reactivos para la preparación de las soluciones coloreadas a de los extractos para la lectura.

Tabla 3. Preparación de muestras para la lectura

	Factor de dilución	V. uL	Folin-Ciocalteu (uL)	Carbonato de sodio (mL)	V. de aforo con agua destilada (mL)
Blanco	-	500	500	10	25
Estándar 250 mg/L	-	500	500	10	25
Ext. H.	250	500	500	10	25
Ext. A.	250	500	500	10	25

Ext. H. = Extracto hidroalcohólico

Ext. H. = Extracto acuoso

2.1.3. Procedimiento de curtición de las pieles

Durante la curtición de las pieles se llevaron a cabo diferentes procesos, en cada uno de ellos se determinó la cantidad a utilizar de los distintos reactivos en función de la masa de las pieles. Una vez realizado los procesos de ribera se procedió con el proceso de curtido.

Curtido

Para este proceso se igualó el peso de las pieles de los 3 tratamientos a 11 Kg. En base a este peso se utilizó el 8 % de los distintos tratamientos: sulfato básico de cromo (T1), extracto hidroalcohólico (T2) y extracto acuoso (T3).

Posterior a este proceso se procedió a perchar por una noche y luego se hizo raspar los productos obtenidos a un calibre de 1,5 mm.

Recurtido

En base al peso de las pieles se utilizó el 3% de los distintos tratamientos: sulfato básico de cromo (T1), extracto hidroalcohólico (T2) y extracto acuoso (T3).

2.1.4. Mediciones experimentales

Determinación de la resistencia a la tracción

Se siguió el procedimiento descrito en la norma NTE INEN-ISO 3376:2011 (6).

Determinación del porcentaje de alargamiento a la ruptura

Se siguió el procedimiento descrito en la norma NTE INEN-ISO 3376:2011 (6).

Determinación de la distensión

Se siguió el procedimiento descrito en la norma NTE INEN-ISO 3379:2015 basado en el lastómetro (7).

2.1.4.1. Ensayos Sensoriales

- Llenura
- Blandura
- Redondez

Para los análisis sensoriales la evaluación la realizó el juez calificador a través del impacto de los sentidos que son los que indicaron que características deberían tener cada uno de los cueros para calzado, el modo de la calificación se describe en la (Tabla 4).

Tabla 4. Calificación sensorial

Calificación	Puntos
Muy buena	5
Buena	3-4
Baja	1-2

Fuente: Hidalgo, 2014 (6).

3. Resultados y Discusión

3.1. Obtención de extractos tánicos a partir de las vainas de *Caesalpinia spinosa*.

A partir de 100 g de *Caesalpinia spinosa* se obtuvo 45,08 g de extracto hidroalcohólico y 42,62 g de extracto alcohólico

3.2. Concentración de taninos totales en los extractos

Para la cuantificación de taninos totales en el extracto acuoso e hidroalcohólico se evaluó la linealidad de la curva de calibración del ácido gálico, obteniéndose un valor de 0,9978 para el coeficiente de correlación. La verificación de la curva de calibración se lo realizó con un estándar de 250 mg/L obteniendo un valor de 261,56 mg/L (Fig. 1).

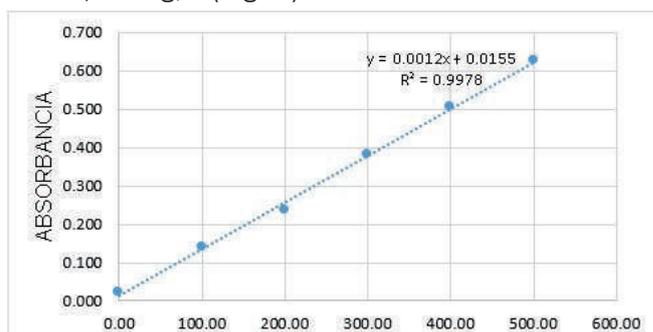


Fig. 1. Curva de calibración del ácido gálico

Se determinó la concentración de taninos totales en función del ácido gálico en los extractos hidroalcohólico y acuoso obtenidos a partir de las vainas de *Caesalpinia spinosa*, se obtuvo una concentración media de 50,30 % para el extracto acuoso y de 52,88% para el extracto hidroalcohólico valores que concuerdan con la literatura citada por Játiva, S. (8) en estudios de plantaciones en la provincia de Chimborazo-Ecuador donde reporta una concentración en el cantón Guano de 51,5 %, y en la parroquia Licto - Tunshi perteneciente al canto Riobamba 51,9% de taninos como equivalentes de ácido gálico por cada 100 g de muestra.

De la Cruz. (4), expresa que el contenido de taninos en la planta de estudio oscila entre el 40-60 %.

3.3. Evaluación de las resistencias físicas y sensoriales del cuero caprino

En la (Tabla 7) se observan los resultados obtenidos de las pruebas físicas y sensoriales realizados a los productos obtenidos.

Tabla 7. Evaluación de las resistencias físicas y sensoriales del cuero caprino curtido con diferentes extractos tánicos a partir de *Caesalpinia spinosa*

VARIABLES	TRATAMIENTOS		
	Cromo (III). T1	Ext. H. T2	Ext. A. T3
Resistencia a la tracción N/cm ²	1838,46	2464,29	2041,67
Alargamiento a la rotura %	54,67	67,33	59,56
Distensión mm	8,64	10,26	9,04
Llenura	2,83	4,83	4,33
Blandura	4,83	3,83	3,50
Redondez	2,67	3,83	3,67
Ext= extracto			
H= hidroalcohólico A= acuoso			

3.3.1. Resistencia a la tracción

La evaluación estadística de la resistencia a

la tracción de los cueros caprinos, estableció diferencias altamente significativas entre medias ($P < 0,05$), por efecto de la curtición con diferentes extractos tánicos a partir de la *Caesalpinia spinosa*, Determinándose las respuestas más altas al curtir con extracto hidroalcohólico de guarango ya que los resultados fueron de 2 464,29 N/cm²; seguida de los resultados expuestos en el lote de cueros en los que se utilizó extracto acuoso (T3), con valores medios de 2 041,67 N/cm²; en comparación de los resultados alcanzados por el tratamiento testigo con sulfato básico de cromo (T1), cuyas respuesta fue de 1 838,46 N/cm², los resultados obtenidos muestran que el tratamiento más adecuado para curtición de pieles caprinas es el tratamiento T2 mediante el uso del extracto hidroalcohólico.

Los resultados expuestos son superiores al ser comparados con los registros de Mazón, M. (9), quien al evaluar diferentes extractos para obtener el tanino de la tara reportó que al utilizar el método del extracto alcohólico por percolación, la resistencia a la tracción promedio fue de 800,93 N/cm². Hidalgo, L. (10) al utilizar harina de Guarango determinó 333,24 N/cm², valor inferior al reportado en la presente investigación, que puede deberse que al utilizar la harina directamente sobre las pieles, los taninos responsables de convertir la piel en cuero no están aislados produciendo una curtición incompleta y a su vez generando un sólido en la descarga de aguas residuales. Al utilizar los extractos de *Caesalpinia spinosa* los taninos se encuentran en forma aislada y pueden actuar de manera más efectiva sobre la piel produciendo una curtición completa, mejorando su resistencia física y evitando la generación de un sólido en sus aguas residuales (11).

Los resultados expuestos de la resistencia a la abrasión de las pieles caprinas cumplen con las exigencias de calidad de la Asociación Española en la Industria del Cuero que en su norma técnica, establece como límite permisible para considerarse cueros de buena calidad valores que van de 800 a 1 500 N/cm² y la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1810 para la confección de calzado que establece un mínimo de 1 500 N/

cm² (12).

3.3.2. Alargamiento a la rotura

Los valores medios reportados por la prueba física de alargamiento del cuero a la rotura determinó en el análisis de varianza diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), por efecto de la inclusión a la fórmula del curtido de diferentes extractos tánicos a partir de la *Caesalpinia spinosa*. Se aprecia en la dispersión de los datos un coeficiente de variación de 4,21% y un error estadístico de 1,04. Determinándose en la separación de medias según Tukey los valores más altos en el tratamiento T2 (extracto hidroalcohólico), con respuestas de 67,33% seguido en forma descendente de los resultados alcanzados por los cueros del tratamiento T3 (extracto acuoso) 59,56%, tratamiento testigo T1 (sulfato básico de cromo), con respuestas de 54,67%. Es decir que los resultados de alargamiento a la rotura más adecuados se consiguen al utilizar el extracto tánico hidroalcohólico de la *Caesalpinia spinosa*, que tiene en su composición natural taninos hidrosolubles que son arrastrados en la extracción, presentan la naturaleza para lograr curtir las pieles, y conferirle el moldeo adecuado para que tanto el cuero como el artículo final presenten el moldeo adecuado para pasar de la forma plana a la tridimensional elevando su calidad.

Los resultados expuestos de alargamiento a la rotura son superiores al ser comparados con los valores reportados por Mazón, M. (9), quien al curtir las pieles caprinas con extracto alcohólico de la tara por digestión, obtuvo resultados promedios de 59,37 % (10), al evaluar la curtición de pieles caprinas con harina de *Caesalpinia spinosa*, registró un valor medio de 72,12 %, superior al reportado en la presente investigación. El organismo regular de la calidad del cuero es la Asociación Española de la industria del Cuero, que se encarga de efectuar normativas que regentan la calidad del cuero y las cuales se encuentran más acordes a las condiciones de nuestro país. Es por ello que al comparar los resultados obtenidos de alargamiento a la rotura con la norma técnica,

establece que el porcentaje de alargamiento a la rotura debe estar entre el 40 y 80 %, los productos obtenidos por los tres tratamientos cumplen este requisito, siendo más amplia esta diferencia al utilizar el extracto hidroalcohólico T2 a partir de la *Caesalpinia spinosa*. De igual forma se cumple con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1810 para la confección de calzado que establece un mínimo de 40 %.

3.3.3. Distensión

El análisis de varianza revela que dentro de la variación total que exhiben los datos existen diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), por efecto de la curtición con diferentes extractos tánicos a partir de la *Caesalpinia spinosa*, con un coeficiente de variación de 2,25 % y un error estadístico de 0,09. Se obtuvieron los resultados más altos al utilizar el tratamiento T2 con valores medios de 10,26 mm, siguiéndole en orden decreciente de los resultados registrados en el lote de cueros del tratamiento T3 ya cuyas respuestas fueron de 9,04 mm, mientras tanto que las respuestas más bajas fueron registradas en los cueros caprinos curtidos con el tratamiento testigo T1 8,64 mm. Es decir que se obtiene una mejor distensión al utilizar una curtición vegetal que incluya el extracto hidroalcohólico de la *Caesalpinia spinosa*.

Mazón, M. (9), quien al curtir pieles ovinas con el extracto acuoso por digestión reportó un valor de 10,59 mm valor próximo al conseguido con el tratamiento T2. Al comparar los datos obtenidos con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1810 para la confección de calzado que establece un mínimo de 7 mm. Se observa que los tres tratamientos superan este valor.

Evaluación de las calificaciones sensoriales del cuero caprino

3.3.4. Llenura

Las calificaciones sensoriales del cuero dependen

de la apreciación que el juez calificador emite al percibir con las yemas de los dedos las condiciones que presenten los productos, En el análisis estadístico según el criterio Kruskall Wallis ($P < 0,05$), se establecieron diferencias altamente significativas, ubicándose los resultados más altos con la curtición que utiliza el extracto hidroalcohólico de la tara como curtiente ya que los resultados fueron de 4,83 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (11). A continuación, se aprecian los resultados alcanzados en el lote de cueros curtidos con el extracto acuoso con respuestas de 4,33 puntos y ponderaciones de muy buena según la mencionada escala, mientras tanto que la curtición al cromo que actuó como patrón indica los resultados más bajos con calificaciones de llenura de 2,83 puntos y calificación baja.

De los reportes descritos se indica que para conseguir una mayor compacidad del cuero que se evidencia al introducirse el curtiente en forma homogénea en el entretejo fibrilar de tal manera que al deslizar la palma de la mano sobre la superficie de la piel tanto del lomo como de las faldas se aprecia una sensación de llenura, sin partes demasiado vacías o lo contrario muy llenas.

Los resultados expuestos en la presente investigación son similares a los expuestos por Hidalgo, L. (10), quien al utilizar polifenoles vegetales registró una llenura de 4,50 puntos. La curtición vegetal por optimizar el entretejido fibrilar e incrementar la elongación de las pieles potencializa y mejora la penetración y absorción de productos engrasantes. El cuero usado para calzado al caminar se estira sin sufrir daños de desgarrarse o envejecimiento prematuro del cuero. Además, son superiores al comparar con los resultados de Mazón, M. (9), quien reportó las mejores respuestas cuando se curtió las pieles ovinas con extracto de tara por el método de cocción en medio acuoso, con registros de 4,75 puntos.

3.3.5. Blandura

Los valores medios reportados por la calificación

sensorial blandura, establecieron diferencias altamente significativas según el criterio Kruskall Wallis ($P < 0,05$), por efecto de la curtición vegetal con diferentes extractos provenientes de la vaina de la *Caesalpinia spinosa*, determinándose los resultados más altos al utilizar la curtición con el tratamiento T1 (sulfato básico de cromo) ya que los valores fueron de 4,83 puntos y calificación muy buena de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. y que desciende la calificación en el lote de cueros curtidos con el tratamiento T2 (extracto hidroalcohólico) cuyas puntuaciones medias fueron de 3,83 puntos y calificación de muy buena, mientras tanto que los valores más bajos fueron asignados a los cueros curtidos con el tratamiento T3 (extracto acuoso) con calificaciones de 3,50 puntos y condición buena. De los resultados expuestos se desprende que para obtener una mayor blandura del cuero es recomendable curtir con cromo, ya que según Hidalgo, L. (11), el cuero al cromo es un tipo de cuero que se utiliza para el exterior, debido al tipo de curtido que tiene.

Los resultados expuestos en el presente trabajo son superiores al ser comparados con los registros de blandura de Balla, J, quien al evaluar una curtición ecológica utilizando como curtiente harina de mimosa en pieles caprinas determinó una blandura de 3,21 puntos (12)

3.3.6. Redondez

La apreciación sensorial de redondez de los cueros caprinos determinó entre sus valores medios diferencias altamente significativas según el criterio Kruskall Wallis ($P < 0,05$), por efecto de la curtición con diferentes extractos provenientes de la *Caesalpinia spinosa* estableciéndose la mejor redondez al curtir con extracto hidroalcohólico de guarango ya que las puntuaciones medias fueron de 3,83 puntos y calificación muy buena según la escala propuesta por Hidalgo, L (11), a continuación se aprecian los resultados expuestos de las pieles curtidas con extracto acuoso cuyos resultados fueron de 3,67 puntos y conservando

la ponderación de buena mientras tanto que al curtir con cromo se produce un descenso en la calificación de redondez equivalente a 2,67 puntos, y la calificación fue de buena.

Confirmándose el comportamiento presente en las variables en estudio que la mejor curtición del cuero caprino se consigue al utilizar el tratamiento T2 extracto hidroalcohólico procedente de la *Caesalpinia spinosa*. El valor obtenido en redondez es muy importante al momento de confeccionar el artículo final, ya que mide la dureza y acartonamiento que el cuero produce cuando está bajo un esfuerzo que causa un arqueamiento en el mismo, lo que es efecto del curtido con tara, que prepara la flor para que sea más fina y menos suelta después de la curtición. Los resultados expuestos son inferiores a los expuestos por Mazón, M. (9), quien registro diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$) por efecto de los diferentes métodos de extracción de los taninos de las vainas de *Caesalpinia spinosa*, alcanzándose las mejores respuestas al curtir las pieles ovinas con extracto acuoso por cocción de *Caesalpinia spinosa* cuyas medias fueron de 4,75 puntos de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (11).

4. Conclusiones

Se determinó la concentración de taninos mediante el método de Folin Ciocalteu en el extracto hidroalcohólico (52,88 g de ácido gálico /100 g de extracto) y en extracto acuoso (50,30 g de ácido gálico /100 g de extracto).

En los ensayos físicos se determinó la existencia de diferencias significativas entre los tres tratamientos, determinándose que las pieles curtidas con T2 (extracto hidroalcohólico) tienen mejores características físicas: resistencia a la tensión (2498,57 N/cm²), alargamiento a la rotura (68 %), y distensión (10,26 mm).

Las evaluaciones sensoriales de llenura y redondez determinaron la existencia de diferencia significativa entre los tres tratamientos, determinándose que las pieles curtidas con T2 (extracto hidroalcohólico) tienen mejores características sensoriales: redondez (3,8 puntos),

y llenura (4,80 puntos).

La evaluación sensorial de blandura determinó la existencia de diferencia significativa entre los tres tratamientos, determinándose que las pieles curtidas con T1 (sulfato básico de cromo) tienen mejores características: blandura (4,8 puntos).

La calidad de las pieles caprinas curtidas con extractos tánicos vegetales obtenidos a partir de *Caesalpinia spinosa* fueron similares a procesos convencionales utilizando sulfato básico de cromo, excepto el análisis sensorial de blandura.

La utilización del cromo en la curtición de pieles es mayoritaria a la hora de producir cueros, sin embargo, últimamente el consumidor final se ha visto alertado por la posibilidad de que el cromo conlleve un riesgo potencial de toxicidad. Por lo tanto, es necesario saber discernir en el uso adecuado de este metal y en lo posible reemplazarlo con otros curtientes amigables con el ambiente, que sin desmejorar la calidad del cuero, presente la misma delicadeza y suavidad.

Referencias

1. Ortiz, N. E., Carmona, J. C. (2015). Aprovechamiento de cromo eliminado en aguas residuales de curtiembres (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio. Luna Azul. Recuperado el 2 de abril 2017, de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321733015009>
2. IARC (International agency for research on cancer). Recuperado de: <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/.../mono100C-9.pdf>
3. Higuera, O. F., Arroyave, J. F., & Florez, L. C. (2009). Diseño de un biofiltro para reducir el índice de contaminación por cromo generado en las industrias del curtido de cueros. Dyna. Recuperado el 14 enero 2017, de: http://www.redalyc.org/pdf/496/Resumenes/Resumen_49612068001_1.pdf
4. De la Cruz, L. P. (2004). Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa* o *Caesalpinia tinctoria*. Revista del instituto de

Investigación FIGMMG. Recuperado el 6 de mayo 2017, de: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/733/584>

5. Pérez, J. J. (2005). Método para determinar taninos. *Agric. Food Chem.* 53: 5036-5040

6. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Cueros (2011). Ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la resistencia a la tracción y del porcentaje de alargamiento (ISO 3376, IDT), Quito: INEN.

7. International Organization for Standardization. Leather (2015). Determination of distension and strength of surface (Ball burst method) ISO: 3379: 2015, IULTCS/IUP 9.

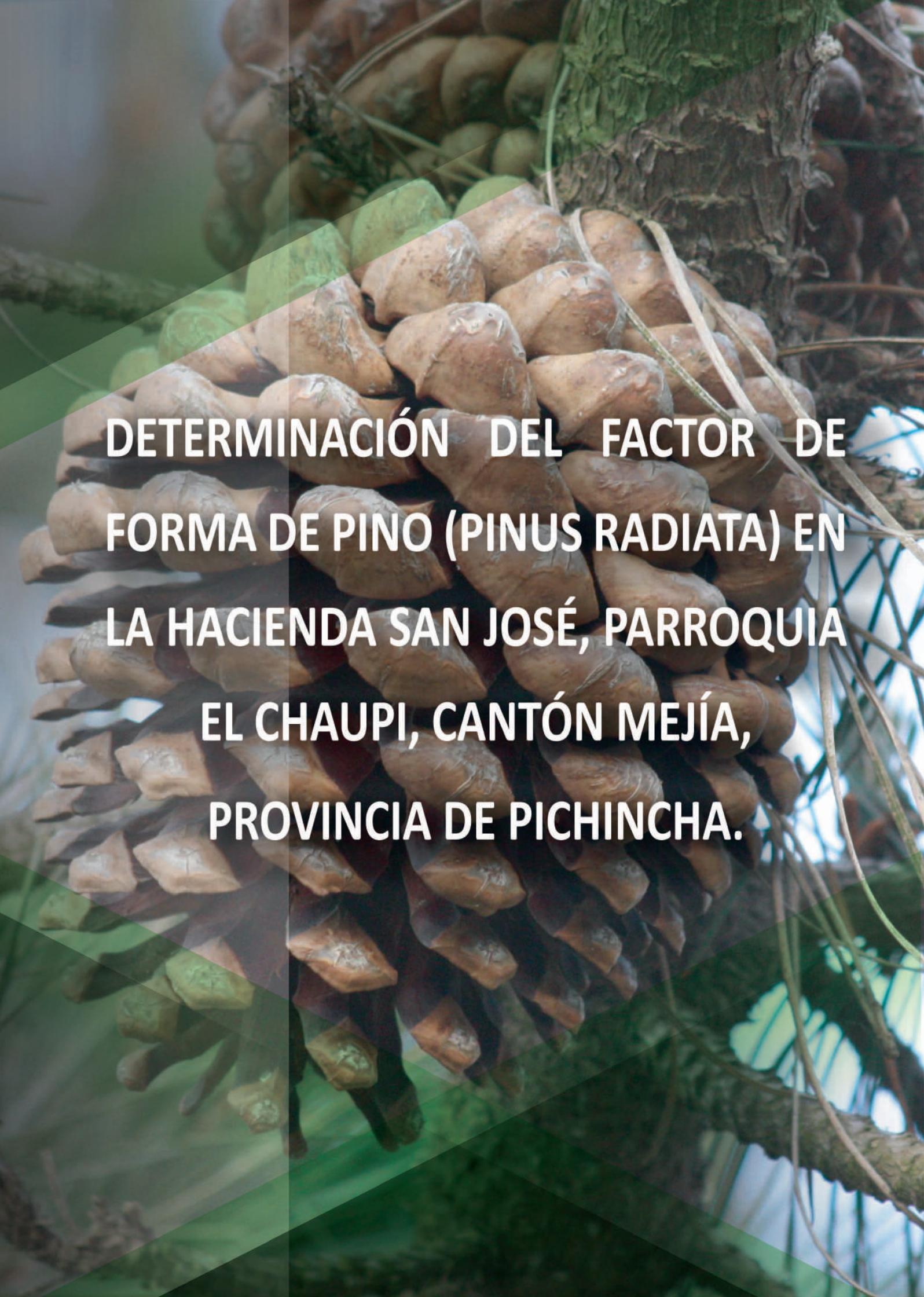
8. Játiva, S. D. (2011). Determinación del contenido de tanino procedente del guarango (*Caesalpinia spinosa*) y evaluación de su uso como fungicida. [Tesis de grado, Ingeniero Agroindustrial]. Escuela Politécnica Nacional. Quito.

9. Mazón, M. V. (2017). Evaluación de cuatro extractos tánicos a partir de la vaina de guarango (*Caesalpinia spinosa*) utilizada en el proceso de curtición de pieles ovinas. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.

10. Hidalgo, L. E. (2016). Comparación de la curtición con harina de *Caesalpinia spinosa*, con una curtición mineral con sulfato de cromo para pieles caprinas. *Diseño y Tecnología.* 19: 100-108.

11. Hidalgo, L. E. (2004). Texto básico de Curtición de pieles. 1ª ed.; ESPOCH. Riobamba, Ecuador: ESPOCH.

12. Balla, J. (2011). Comparación del sistema de curtición tradicional versus un sistema de curtición ecológica en pieles caprinas. (Tesis de grado, Ingeniero en Industrias Pecuarias). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.



**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE
FORMA DE PINO (PINUS RADIATA) EN
LA HACIENDA SAN JOSÉ, PARROQUIA
EL CHAUPI, CANTÓN MEJÍA,
PROVINCIA DE PICHINCHA.**

Determinación del factor de forma de pino (*Pinus radiata*) en la hacienda San José, parroquia el Chaupi, cantón Mejía, provincia de Pichincha.

(Determination of the form factor of pine (*Pinus radiata*) in the hacienda San José, the Chaupi parish, Mejía canton, Pichincha province)

F. Remache Reinoso^{1*}, E. Salazar Castañeda¹, J. Morocho Yaucan², N. Lara Vásquez¹

¹Escuela de Ingeniería Forestal. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. EC060155

²Facultad de Administración de Empresas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

*Correspondencia. E-mail: famarcelo1991@hotmail.com (F. Remache Reinoso)

RESUMEN

Se calculó el factor de forma de *Pinus radiata* en plantaciones de 20 años ubicadas en 4 estratos altitudinales (3 800 - 3 900; 3 700 - 3 800; 3 600 - 3 700; 3 500 - 3 600 msnm) en la provincia de Pichincha-Ecuador, a fin de determinar si existe variación del factor de forma en relación a la gradiente altitudinal. Mediante un recorrido por las plantaciones se ubicaron y evaluaron 18 parcelas de árboles ubicadas en los diferentes estratos; para cada árbol en pie de las parcelas se calculó el factor de forma según la ecuación de Smalian. Los factores de forma obtenidos para los 4 estratos fueron 0,43 - 0,43 - 0,42 - 0,38 respectivamente de mayor a menor rango altitudinal y en promedio 0,41; datos que difieren significativamente con el factor de forma establecido por el Ministerio del Ambiente que es 0,70. Se concluye entonces que el factor de forma de *Pinus radiata* difiere significativamente con relación a la gradiente altitudinal y que la presente investigación facilitó valores reales para calcular el volumen de madera.

Palabras claves: factor de forma, *Pinus radiata*, Smalian, volumen

ABSTRACT

The form factor of *Pinus radiata* was calculated on 20 year- old plantations located in four altitudinal strata (3 800 – 3 900, 3 700 – 3 800, 3 600 – 3 700, 3 500 – 3 600 msn) in the province of Pichincha -Ecuador, in order to determine if there is variation of the form factor in relation to the altitudinal gradient. Through a plantation tour, 18 plots of trees located in the different strata were established, selected and evaluated; for each standing tree of the plots the shape factor was calculated according to the Smalian equation. The shape factors obtained for the 4 strata were 0,43-0,33-0,22-0,38 respectively from highest to lowest altitudinal range and on average 0,41; data that differ significantly with the form factor established by the Ministry of the Environment that is 0,70. It is concluded that the form factor of *Pinus radiata* differs significantly in relation to the altitudinal gradient and that the present research provides real values to calculate the volume of wood.

Key words: form factor, *Pinus radiata*, Smalian, volumen

1. Introducción

Las plantaciones forestales han beneficiado mucho al país y el mundo, ofreciendo valiosos recursos, ayudando al desarrollo social, ambiental y económico; las mismas van en incremento, causando mayor demanda y consumo de productos maderables. Esta demanda solo se puede satisfacer mediante el manejo adecuado de las plantaciones y los bosques (1).

En el Ecuador específicamente en la sierra se ha avanzado mucho en materia de plantaciones forestales, ya que estos son cultivos técnicamente planeados para la obtención de productos y beneficios forestales de calidad, al mínimo costo y en el menor tiempo posible. La especie *P. radiata* es nativa de California (EE.UU), es una importante fuente maderera, esta especie presenta un alto índice de crecimiento en comparación con la mayoría de especies nativas maderables de nuestro país, esta especie por su buena adaptación en la sierra ecuatoriana y sus características de crecimiento, permiten la aplicación de diferentes tipos e intensidades de manejo (2). La forma del árbol sirve para los cálculos de su volumen geométrico. La forma se debe a la disminución diámetro desde la base del árbol conforme aumenta la altura. Para cálculos se busca la relación entre el volumen real árbol tomado como un cilindro (3).

Se entiende por coeficiente mórfico, la relación que existe entre el volumen desconocido de un fuste y el de un cilindro de igual base y altura. Por razón de la forma cónica del árbol, el volumen del cilindro debe ser corregido por un factor de corrección F , llamado también coeficiente de forma. El valor de F se calcula en base al volumen de los árboles talados, en los que se puede determinar el área basal AB , y el área de la sección central Sc , la relación existente entre estas dos áreas es igual a F (4).

El diámetro que es común a los dos cuerpos se llama diámetro de referencia. Por eso se denomina el coeficiente mórfico como factor de forma a 1,30m (5).

Se designó 0,9 al factor de forma verdadero, el cual se refiere al diámetro a 1/10 de la altura del árbol. Según convenios internacionales se utilizan la denominación $F 0,9h$. En la teoría aún juegan cierto rol los factores de forma absolutos en los cuales el área basal de referencia se halla en el mismo suelo, a la altura de cero metros (2).

El volumen ha sido y sigue siendo la forma de expresión de la cantidad de madera contenida en árboles y rodales más ampliamente utilizada a escala mundial. El volumen de madera contenida en un rodal puede considerarse como la suma de los volúmenes de árboles en pie comprendidos en él. En consecuencia, una forma de acceder al conocimiento del volumen de madera de un rodal es través del conocimiento del volumen de sus árboles individuales (6).

La cubicación de los árboles apeados de diferente longitud se recomienda hacerla con la fórmula de Smallian con una confiabilidad del 95% para una población infinita (7).

Las plantaciones de *P. radiata*, son inversiones económicamente rentables por su atractivo desarrollo, basado en su rápido crecimiento inicial, rusticidad y resistencia a plagas y enfermedades. A través del departamento forestal la Empresa NOVOPAN S.A ha desarrollado programas de forestación con diversas especies; una de las cuales es *P. radiata*. Con el fin de obtener plantaciones exitosas al final de cada turno de las distintas especies, todas las actividades desarrolladas están sujetas a normas de conservación ambiental (8).

En toda actividad forestal es un requisito básico el cálculo del volumen, y un instrumento aplicado que cumple con estos requisitos es la tabla volumétrica o un factor de forma específico para la especie y el sitio. Un factor de forma se define como la razón entre un diámetro superior del fuste y un diámetro de referencia, que normalmente es el diámetro a la altura del pecho (9). En el Ecuador no existe mayor información sobre factores de forma en plantaciones, lo cual conlleva a determinarlo ya que en esta zona la empresa realiza aprovechamiento de la especie a los 15 años de edad.

La presente investigación se la realizó ante el pedido y necesidad de la empresa y sus

accionistas, de determinar el factor de forma de *P. radiata* de una manera específica en cuanto a los diámetros de los árboles a los diferentes rangos altitudinales. Además de conocer el volumen de madera existente en cada una de las plantaciones nos permitirá tener una proyección económica y de crecimiento en volumen de madera en los años de aprovechamiento antes mencionado.

El objetivo general fue determinar el factor de forma de Pino (*P. radiata*) en la hacienda San José, Parroquia El Chaupi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, para lo cual se establecieron tres objetivos específicos: georreferenciar el área de estudio, determinar el factor de forma y volumen en la plantación y determinar la variación del factor de forma en relación a la gradiente altitudinal.

2. Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló en la hacienda “San José” parroquia El Chaupi, cantón Mejía, provincia de Pichincha, en una plantación de 1 997 (20 años). La ubicación geográfica es 9 927 167 Norte, 758 495 Este (UTM, Zona 17S, Datun WGS84) y a una altitud de 3 500 msnm. La temperatura promedio anual es de 12°C, precipitación promedio anual de 1 000- 2 000 mm, velocidad del viento 0,8 Km/h. Corresponde a Bosque templado lluvioso. Suelo franco – arenoso, topografía con pendientes irregulares hasta el 10%.

Mediante un reconocimiento de la hacienda por los 4 estratos altitudinales, se ubicaron y georreferenciaron las parcelas a ser objeto de medición generando un mapa con el Software ArcGIS 10.1. Se contabilizaron los árboles existentes por parcela y se realizó una distribución de árboles por clases diamétricas por estrato.

2.1 Evaluación de la sanidad de la plantación por estratos

Se evaluaron 4 características: sanos, torcidos, descopados y muertos. Los datos fueron

tabulados en Excel y clasificados diamétricamente en rangos de 5-10; 10-15; 15-20; 20-25 etc., finalmente se representaron en una gráfica. Antes de las mediciones se eliminaron los árboles con defectos por el método gráfico para depurar outliers o valores atípicos.

2.2 Medición de Diámetros

La medición se realizó en los árboles en pie de cada parcela, para el ascenso se utilizó equipo de seguridad. A cada árbol se le midió el diámetro en la base y luego a cada metro hacia la copa hasta tener 9 mediciones y en casos especiales hasta 11 mediciones dependiendo de la altura del árbol. También se midió un diámetro a la altura de 1,30 m. Cada punto de medición del diámetro fue señalado con pintura.

2.3 Medición de Alturas

En todas las parcelas se midió la altura total de cada árbol con el clinómetro Suunto. A medida que se ascendió por los estratos, la altura de los árboles fue menor, por lo se midió simplemente con una barra.

2.4 Cálculo de Volumen Real y Volumen del Cilindro

Previo al cálculo del factor de forma, se dedujo el volumen real y volumen del cilindro de cada uno de los árboles existentes en las diferentes parcelas mediante las siguientes ecuaciones:

$$V = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^2 * l \quad (1)$$

Dónde: V = volumen de la troza. l = largo de la troza. d_1 = diámetro en un extremo. d_2 = diámetro del otro extremo. π = 3,1416
hVolumen del Cilindro:

$$Vol. cilind. = \frac{d^2 * \pi}{4} * h \quad (2)$$

Dónde: $Vol. cilind.$ = Volumen del cilindro. d^2 = diámetro al cuadrado. π = 3,1416. h = altura

2.5 Cálculo de Factor de Forma

Se calculó según Smalian.

$$FF_{Sm} = \frac{V}{Vol.cilind.} (3)$$

Dónde: FF_{Sm} = factor de forma según Smalian.

V = Volumen del árbol según Smalian. $Vol.cilind$

=Volumen del cilindro

2.6 Análisis estadístico en el cálculo del factor de forma

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y análisis con el software R de los parámetros:

normalidad, homogeneidad e independencia. Se realizó un análisis de regresión lineal entre variables: correlación entre las variables Factor de Forma y Diámetro; correlación entre las variables Volumen y Diámetro; correlación entre las variables Volumen y Diámetro Cuadrado por Altura Total.

3. Resultados y discusión

La hacienda San José tiene una superficie total de 340 has, presenta 4 rangos altitudinales: 3 500- 3 600; 3 600 – 3 700; 3 700 -3 800; 3 800- 3 900 msnm. Se georreferenciaron y evaluaron 18 parcelas de árboles (4 o 5 por cada rango altitudinal) (Fig. 1).

Tabla 1. Distribución por clases diamétricas por estratos.

(3 800 – 3 900) msnm		(3 700 – 3 800) msnm		(3 600 – 3 700) msnm			(3 500 – 3 600) msnm	
DAP	Frecuencia	DAP	Frecuencia	DAP	Frecuencia		DAP	Frecuencia
5-10	4	5-10	3	5-10	1		5-10	1
10-15	9	10-15	6	10-15	3		10-15	4
15-20	17	15-20	19	15-20	9		15-20	19
20-25	33	20-25	37	20-25	31		20-25	18
25-30	27	25-30	28	25-30	15		25-30	31
30-35	18	30-35	15	30-35	18		30-35	17
35-40	4	35-40	11	35-40	12		35-40	9
Total	112	40-45	5	40-45	7		40-45	10
		Total	124	45-50	3		45-50	4
				Total	99		50-55	1
							55-60	1
							Total	115

Se contabilizó un total de 450 árboles en los 4 estratos. La distribución de árboles por clases diamétricas por estrato se observa en la (Tabla 1).

Estado Sanitario de los árboles en la plantación.

En la (Fig. 2) se muestran los resultados de árboles por estrato: sanos, torcidos, descopados y muertos. El estrato de mayor altitud (3 800 a 3 900 msnm), fue quien presento menor porcentaje de árboles en buen estado (83%) y al igual que en el estrato 3 600 - 3 700 msnm se encontró árboles caídos en medio de las vías forestales obstaculizando el paso hacia las otras parcelas, probablemente las causas serian el genotipo y fenotipo es decir la genética de los árboles las procedencias y si se lograron o no adaptar al medio en el que fueron plantados, así como también por la velocidad del viento o diferentes causas climáticas; posiblemente en el caso de los clones se apreciarían buenas características en los árboles. El estrato de menor altitud (3 500- 3 600 msnm) presento el mayor porcentaje de árboles en buen estado (99%), posiblemente se debe a que en los estratos más bajos las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de los mismos.

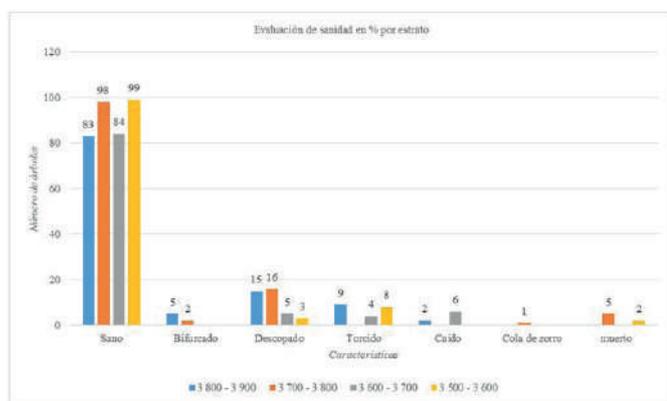


Fig. 2. Estudio sanitario de los árboles por estratos

Para continuar con las mediciones se eliminaron los arboles con defectos, para esta eliminación se utilizó el método gráfico para depurar outliers o valores atípicos (Tabla 2).

Tabla 2. Método de Outliers

Estrato	Nº de árboles
3800-3900	75
3700-3800	92
3600-3700	72
3500-3600	92
TOTAL	331

Cálculo del factor de forma por estratos

Como se observa en la (Tabla 3) los factores de forma resultantes (0,43; 0,43; 0,42; 0,38) en todos los estratos son factores muy diferentes al que utiliza el Ministerio de Medio Ambiente (0,70), el mismo que corresponde a árboles de mayor edad y diámetros. Entonces los factores de forma de fustes son más pequeños a medida que los diámetros aumentan; el diámetro cambia con la edad por lo tanto el factor de forma es indirectamente dependiente de la edad.

Tabla 3. Factor de forma por clase diamétrica y estrato

Estrato: 3 800 – 3 900 msnm			
Clase diamétrica	FF	DAP medio de la clase	Factor de Forma (MAE)
5-10	0,482	7,5	0,70
10-15	0,469	12,5	0,70
15-20	0,455	17,5	0,70
20-25	0,442	22,5	0,70
25-30	0,428	27,5	0,70
30-35	0,415	32,5	0,70
35-40	0,428	27,5	0,70
40-45	0,388	42,5	0,70
45-50	0,374	47,5	0,70
Promedio	0,431		0,70
Estrato: 3 700 – 3 800 msnm			
5-10	0,419	7,5	0,70
20-25	0,427	22,5	0,70
25-30	0,429	27,5	0,70
30-35	0,432	32,5	0,70
35-40	0,429	27,5	0,70
40-45	0,437	42,5	0,70
45-50	0,439	47,5	0,70
Promedio	0,430		
Estrato: 3 600 – 3 700 msnm			
5-10	0,450	7,5	0,70
10-15	0,443	12,5	0,70

15-20	0,435	17,5	0,70
20-25	0,428	22,5	0,70
25-30	0,420	27,5	0,70
35-40	0,420	27,5	0,70
40-45	0,398	42,5	0,70
45-50	0,390	47,5	0,70
Promedio	0,423		0,70

Estrato: 3 500 - 3 600 msnm			
5-10	0,369	7,5	0,70
10-15	0,373	12,5	0,70
15-20	0,377	17,5	0,70
20-25	0,381	22,5	0,70
25-30	0,385	27,5	0,70
30-35	0,389	32,5	0,70
35-40	0,385	27,5	0,70
40-45	0,397	42,5	0,70
45-50	0,401	47,5	0,70
Promedio	0,384		0,70

Tabla 4. Factor de forma por clase diamétrica y estratos (4 estratos) Clase Diamétrica

Clase Diamétrica	Factor de Forma (calculado)	DAP medio de la clase	Factor de Forma (MAE)
10-15	0,433	12,5	0,70
15-20	0,428	17,5	0,70
20-25	0,423	22,5	0,70
25-30	0,418	27,5	0,70
30-35	0,413	32,5	0,70
35-40	0,418	27,5	0,70
40-45	0,403	42,5	0,70
45-50	0,398	47,5	0,70
Promedio	0,419		0,70

La (Tabla 4) indica que el factor de forma (promedio de los 4 estratos) para la plantación de San José en *P. radiata* es de 0,41 que es diferente al que utiliza el Ministerio de Medio Ambiente (0,70), la empresa busca tener valores muchos más exactos que le permitan obtener un volumen exacto. Según las clases diamétricas los factores de forma de fustes son más pequeños a medida que los diámetros aumentan, entonces el factor de forma es dependiente del diámetro del árbol.

Tabla 3. Factor de forma por clase diamétrica y estrato

Clase Diamétrica	Factor de Forma (calculado)	DAP medio de la clase	Factor de Forma (MAE)
5-10	0,438	7,5	0,70
10-15	0,433	12,5	0,70
15-20	0,428	17,5	0,70
20-25	0,423	22,5	0,70
25-30	0,418	27,5	0,70
30-35	0,413	32,5	0,70
35-40	0,418	27,5	0,70
40-45	0,403	42,5	0,70
45-50	0,398	47,5	0,70
Promedio	0,419		0,70

Análisis estadístico en el cálculo del factor de forma ANOVA:

El análisis de varianza para el factor de forma en árboles de diferentes estratos altitudinales se determinó que el F calculado es mayor al F crítico (Tabla 5) lo cual indica que existen diferencias significativas entre el factor de forma de un estrato y otro. Es decir que la altitud influye en el crecimiento de los árboles por tal motivo se tiene diferentes factores de forma. Otro de los factores que influyen en la variación del factor es el tipo de suelo donde se desarrollaron los árboles, la edad, la procedencia de las semillas, y la capacidad de adaptabilidad, calidad de sitio y la altitud.

Resumen Estadísticas de la Regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,135
Coeficiente de determinación R ²	0,018
R ² ajustado	0,015
Error típico	0,062
Observaciones	331

	Resumen		Análisis de varianza		Valor crítico de F
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	
Regresión	1	0,023	0,023	6,151	0,014
Residuos	329	1,250	0,004		
Total	330	1,273			

Software R, normalidad, homogeneidad e independencia:

Mediante el diagrama de caja (Fig. 3) podemos observar que la media del factor de forma difiere según la altitud a la que se encuentren las plantaciones. Esto quiere decir que se acepta la hipótesis alterna de que existe al menos una media del factor de forma diferente. Los resultados del ANOVA son aceptados parcialmente pues se cumplen solamente los supuestos de: Normalidad, Homogeneidad mientras que no cumple con el supuesto de Independencia.

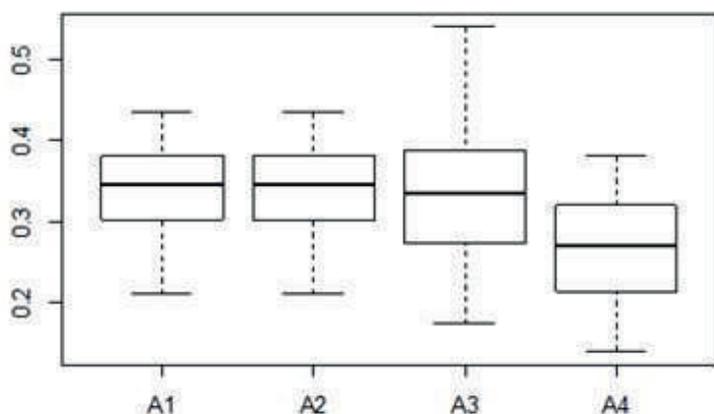


Fig. 3. Diagrama de caja del factor de forma.

Correlación entre variables

Mediante el análisis de Regresión Lineal entre las variables Volumen y Diámetro se determinó un

R² = 0,01, (Fig. 4) lo cual indica que no se obtuvo una buena correlación entre estas variables. Posiblemente las causas fueron que las mediciones se realizaron en árboles en pie, el manejo que se le dio a la plantación, la calidad del sitio, edad de la plantación, influencia de la altura. Menciona que la densidad del rodal tienen una marcada influencia en el factor de forma, ya que aumentos en la densidad eliminan parte del tamaño de la copa, lo cual provoca una formación más cilíndrica de los árboles y por tal razón aumenta el factor de forma del tronco. La influencia de la edad es menor pero que a la larga se ve influenciada en el cálculo del factor de forma, entre árboles de diferentes edades pero dimensiones casi iguales. En el caso de la influencia de la altura se sabe que el Factor de Forma disminuye con el aumento de la altura debido a la relaciones de las medidas con las tomadas a la altura del pecho (10).

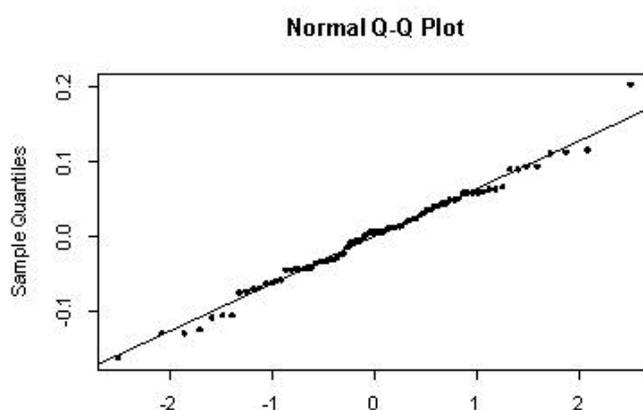


Fig.4. Diagrama de la Normalidad

Con el análisis de regresión de lineal entre las variables Volumen vs Diámetro obtuvimos un $R^2=0,83$ (Fig. 5), esto confirma que hay una relación directa entre el volumen y el diámetro, puesto que el volumen está en función del diámetro. Un mejor ajuste de las variables se obtuvo con la ecuación cuadrática que dio un $R^2=0,92$. Según hay dos principios básicos involucrados en la construcción de funciones de volumen: el primero asume que el volumen del árbol depende del diámetro, la altura y de la forma fustal; el segundo asume que una función que determine correctamente el volumen de un árbol también es válida para otros árboles de igual diámetro, altura y forma. Existe una variedad de modelos posibles para ajustar funciones de volumen individual; para decidir cuál de ellos usar deben considerarse aspectos de simplicidad, objetividad y precisión (10).

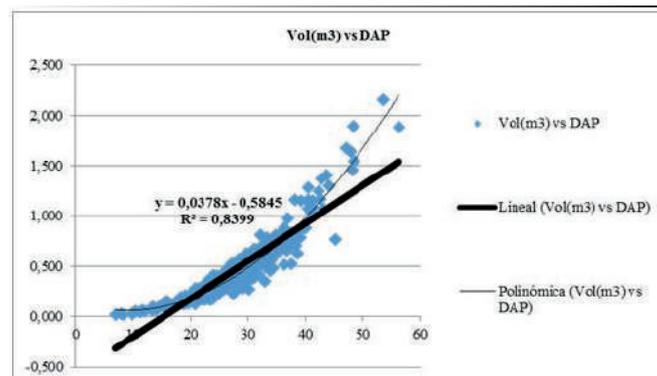


Fig. 6. Correlación entre las variables Volumen y Diámetro

(10), menciona que a mayor DAP mayor es la altura total del árbol. La medición de la altura es más cara y difícil que la medición del DAP, por esta razón, y debido a que existe una estrecha relación entre la altura de un árbol y el diámetro de fuste, es preferible, más práctico y económico tomar una muestra de árboles, medirles la altura y el diámetro de fuste, ajustar una relación entre esas variables y luego estimar la altura de cualquier árbol en el rodal a partir del diámetro fustal. La relación puede ser afectada por la calidad de sitio y otros factores como el manejo, lo que la hace variar de un rodal a otro.

4. Conclusiones.

Se georreferenció el área de estudio, cuya área es de 340 Ha.

El factor de forma para *P. radiata* mediante la investigación realizada fue de 0,41 el cual difiere significativamente con el factor de forma propuesto por el Ministerio del Ambiente que es de 0,70; se obtuvo también un volumen de 140,77m³ en un rango de 3 500- 3 900 msnm.

El factor de forma de *P. radiata* difiere significativamente con relación a la gradiente altitudinal (cada 100m) se obtuvieron los siguientes factores de forma: 3 800- 3 900= 0,43; 3 700- 3 800= 0,43; 3 600- 3 700= 0,42; 3 500- 3 600= 0,38; lo cual permite tener valores reales para cada plantación de la empresa.

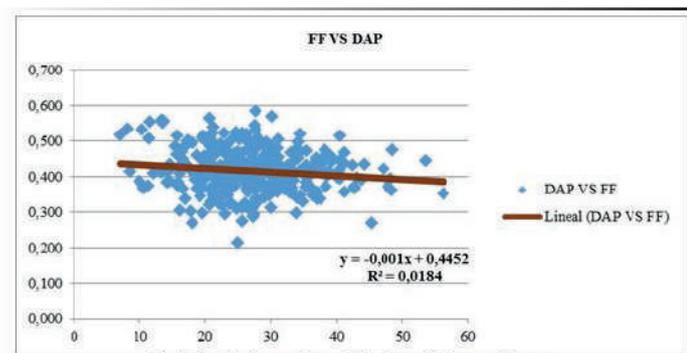


Fig. 5. Correlación entre las variables Factor de Forma y Diámetro.

Según el análisis de regresión la relación entre las variables Volumen vs Diámetro Cuadrado por Altura total se obtuvo un $R^2=0,96$ (Fig. 6), que es muy bueno, la recta toma casi todos los puntos. Esta correlación es la que nos dio mejor resultado a diferencia de las dos anteriores ya que este caso se considera la altura total de los árboles. En el campo forestal existen muchas situaciones en las que se presentan relaciones lineales entre variables que posibilitan la aplicación de estimadores de regresión. En árboles individuales se observan relaciones lineales entre el Volumen y el DAP², entre el volumen y DAP² vs altura (10).

Referencias

1. Lojan L. (2005). Dasometría: Manejo Forestal Comercial. Dasometría. Ciencia y Sociedad. 23-24.
2. Hohenald. (1936). Mesura Forestal. Serie de Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. Vol 1. 2ª ed. Santa Cruz, Bolivia: IICA.
3. Loaiza, V., (1977). Dasometría. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. pp 35 – 36
4. Mora, L & Cevallos, M., (1988). Tablas de volumen de la especie *Tectona grandis*. (Tesis ingeniería forestal). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. pp 122 – 124.
5. Prodan, M; Peters, R; Cox, F & Real, P., (1965). Mensura Forestal. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible, Programa Forestal CIAT, Santa Cruz, Bolivia. pp 32 – 50.
6. Fucaraccio, F & Staffieri, G., (1999). Desarrollo y uso de ecuaciones de volumen y tablas de volumen en la República de Argentina. Recuperado de: <http://ceres.agro.unlp.edu.ar/dasometria>
7. Bermúdez, M & Tapia, M., (2004). Exactitud y consistencia de las fórmulas de cubicación de Smalian, Huber y Newton en cinco especies forestales. Tesis ingeniero forestal, Universidad técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. pp 5-7.
8. NOVOPAN (2017). Programa de forestación. Recuperado de: <http://www.novopan.com.ec/>
9. Frias A. (1994). Manual de dasometría. Vol 12. 1ª ed. La Habana, Cuba: Empresa Editorial Poligráfica Félix Varela.
10. Cancino J. (2006). Dendrometría Básica. Universidad de Concepción, Chile, pp 61-65

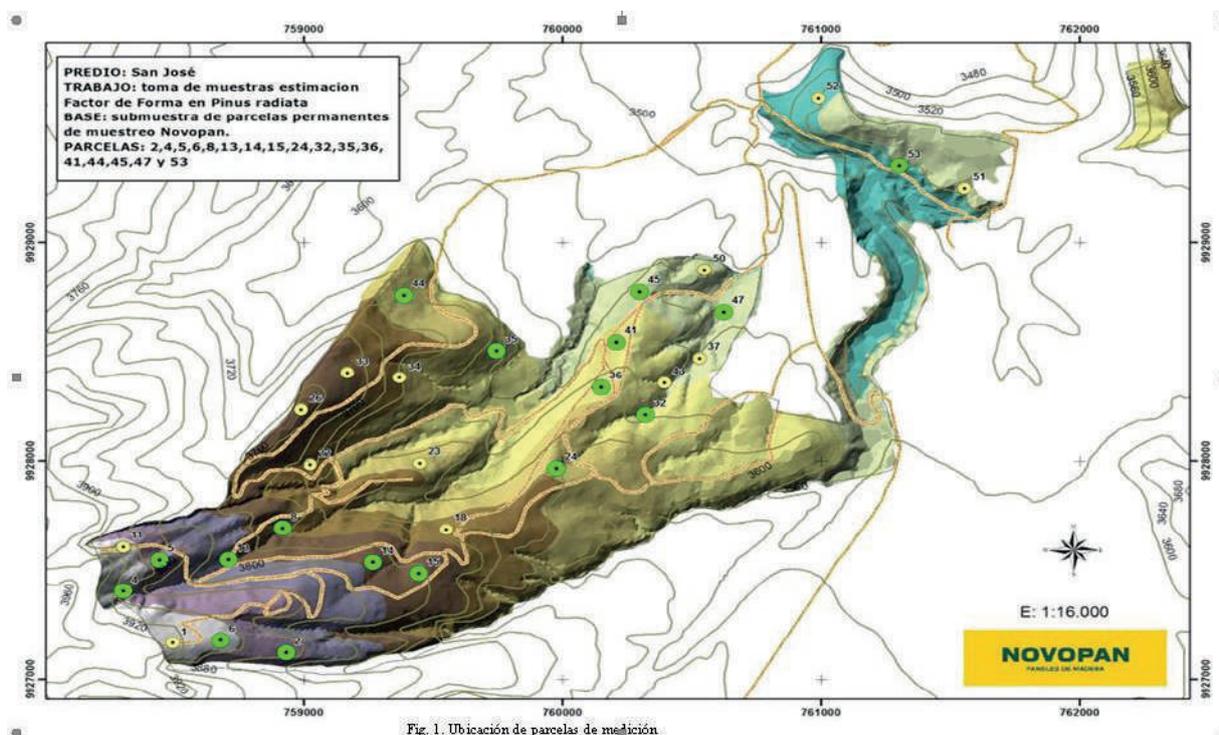


Fig. 1. Ubicación de parcelas de medición



**DIAGNÓSTICO Y PLAN DE MANEJO
AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA
DEL RÍO SHOBOL TOTORAS,
PARROQUIA SAN JUAN, CANTÓN
RIOBAMBA, CHIMBORAZO**

Diagnóstico y plan de manejo ambiental de la microcuenca del río shobol totoras, parroquia San Juan, cantón Riobamba, Chimborazo

(Diagnosis and environmental management plan of the microcuenca of the river shobol totoras, San Juan parish, cantón Riobamba, Chimborazo)

F. Logroño García, O. Guadalupe Arias, E. Basantes Basantes M. Samaniego Erazo*

Escuela de Ingeniería Forestal. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. EC060155

**Correspondencia. E-mail: josea_loga@hotmail.es (F. Logroño García)*

RESUMEN

En la microcuenca del río Shobol Totoras, se desarrolló una línea base considerando tres factores: bióticos, abióticos y socioeconómicos que permitieron elaborar una metodología acorde a las realidades del área de estudio, en el cual se realizó el análisis de agua y de suelo de la microcuenca. Se evaluó los impactos ambientales con la matriz de Leopold modificada, donde las actividades agrícolas, ganaderas y los asentamientos humanos son la principal causa de la degradación y contaminación de la microcuenca. A nivel general el ICA nos muestra que la calidad es aceptable permitiendo el desarrollo del ecosistema acuático, donde para el consumo humano mayor tratamiento para su uso; para el factor suelo la agricultura es la principal causa de la contaminación con una severidad altamente significativa; el factor aire es poco significativa de este elemento; se concluye que el diseño del plan de manejo ambiental cambiará la situación actual de la microcuenca, donde se propuso cuatro programas que son: recuperación y conservación del recurso hídrico, conservación del páramo y recuperación de la vegetación, manejo de residuos sólidos, seguimiento y control, que deben ser mitigados en base a la conservación y organización de los recursos naturales que aún no han sido afectados.

Palabras claves: manejo ambiental, microcuenca del rio Shobol Totoras, evaluación ambiental, ICA índice de calidad de agua.

ABSTRACT

In the ravine of the Shobol Totoras river, a baseline was developed three factors: biotic, abiotic and socioeconomic that allowed to elaborate a methodology according to the realities of the study area, in which the water and soil of the ravine was analyzed. Also, Environmental impacts were evaluated by the modified Leopold matrix, which discovered that agricultural and livestock activities along with human settlements are the main cause of degradation and contamination of the ravine. At the general level, the ICA shows us that the quality is acceptable allowing the development of the aquatic ecosystem, where for the human consumption it is necessary to have a treatment for its use; for the pollution factor with the severity of pollution; the air factor is not significant of this element; the conclusion that the design of the environmental management plan changed the current situation of the ravine, where four programs were proposed: recovery and conservation of the water resource, conservation of the paramo and recovery of vegetation, solid waste management, monitoring and control, which should be mitigated based on the conservation and organization of natural resources that have not been affected yet.

Keywords: environmental management, ravine of the Shobol Totoras River, environmental evaluation, ICA water quality index.

1. Introducción

El recurso agua es el más importantes para los seres vivos, siendo indispensable para el desarrollo y progreso de todo poblado (1), garantizando el buen vivir de sus habitantes, permitiendo generar actividades económicas, asegurando oportunidades para las parroquias, pues la migración es cada vez más recurrente. Las microcuencas constituyen la fuente de agua para los habitantes de una comunidad siendo en muchas ocasiones de condiciones no aptas para el consumo (debe ser correctamente potabilizada), el grado de contaminación e inadecuado mantenimiento es una de las principales problemáticas de muchas parroquias y comunidades (2). La conservación descuidada y un ambiguo seguimiento hacen que sean foco de enfermedades y al no hallarse el recurso de forma continua para sus habitantes, hace que tengan desabastecimiento. El crecimiento demográfico de un centro poblado, nos indica el aumento en la demanda del recurso agua para el consumo, entonces un plan de manejo ambiental es indispensable para este sector (3). Es por ello, que el manejo de los recursos hídricos en el marco de las cuencas hidrográficas con alternativas económicas, sociales y ambientalmente viables representa una vía idónea no solo para aprovechar racionalmente estos recursos sino también, para la mitigación y reducción de la vulnerabilidad ante los desastres naturales (4).

El Diseño de un Plan de Manejo Ambiental es un instrumento de gestión destinado a proveer una guía de programas, procedimientos, prácticas y acciones (5), orientados a prevenir, minimizar y controlar los impactos que ocasionan la pérdida de la microcuenca, al conocer la importancia de los recursos hídricos para una comunidad y población en general de ahí nace la importancia de esta investigación, saber conocer porque,

cómo y cuáles son las causas para la degradación de la microcuenca, saber los hábitos y costumbres de sus pobladores, cuál es su responsabilidad al vivir cerca de estos ecosistemas y en general el rol de comunidad, estado y todas las partes involucradas (6).

El objetivo general fue realizar el diagnóstico y plan de manejo ambiental de la microcuenca del río Shobol Totoras, parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

2. Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló en la microcuenca del río "Shobol Totoras" parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, con un área de 30,8 hectáreas y 4638,01 m de perímetro. La ubicación geográfica es 9 822 010 Norte, 746 191 Este (UTM, Zona 17S, Datum WGS84) y a una altitud de 3 233 msnm (Fig. 1 y 2). La temperatura promedio anual es de 12°C, precipitación promedio anual de 600- 1 000 mm. Corresponde a la zona de vida Húmedo Sub Alpino. Suelo franco – arenoso, topografía con pendientes irregulares hasta el 10%.

Mediante un reconocimiento de la microcuenca por las fuentes de agua que existen para consumo humano, se ubicaron y georreferenciaron las parcelas a ser objeto de medición generando un mapa con el Software ArcGIS 10.1. Se contabilizaron el perímetro del área de influencia.

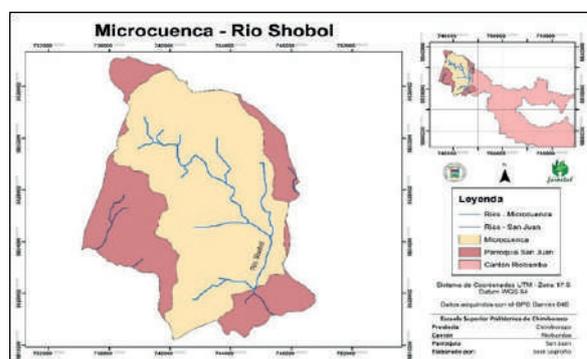


Fig. 1. Mapa de la microcuenca del río Shobol Totoras



Fig. 2. Microcuenca del río Shobol Totoras

Se calculó índice de calidad de agua (3)

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Dónde: ICA = índice de calidad del agua global

I_i = índice de calidad para el parámetro i

W_i = Coeficiente de ponderación del parámetro i

n = Número total de parámetros

2.1 Elaboración de una línea base

En el desarrollo de la línea base para de la microcuenca del río Shobol Totoras se tomaron en cuenta los factores abióticos, bióticos y socioeconómicos de la zona, que permitieron elaborar una metodología acorde a las realidades del área de estudio, centrándose en el análisis del componente hídrico, principal elemento de la microcuenca.

2.1.1 Factores abióticos

Morfología de la Microcuenca

Se realizó una evaluación del funcionamiento del sistema hídrico que resulta ser muy útil en la planificación ambiental. El estudio se fundamentó en fuentes bibliográficas, datos de campo y el software ArcGIS 10.1 que permitió validar y analizar los datos obtenidos, los principales parámetros analizados fueron: área y perímetro, orden de caudo, tipos y usos de suelo, índice de calidad de agua.

2.1.2 Análisis bióticos

Mediante una salida de campo, se realizó un inventario total en el que se levantó la información referente a la flora de la zona.

2.1.3 Análisis socioeconómicos

Se identificó los aspectos principales del área mediante revisión bibliográfica y reconocimiento de la microcuenca considerando los aspectos sociales y económicos de los habitantes del área de interés (Tabla 1).

Tabla 1. Parcelas establecidas para el estudio.

Actividades	Medio	Factor	Calificación de Impactos Ambientales										Total	Severidad	
			Magnitud				Importancia								
			i	e	d	Calificación	Escala	e	R	g	Calificación	Escala			
	Biótico	Flora	3	1	3	2,2	Medio	1	2	3	2,2	Medio	4,84	Significativo	
														Altamente	

Agricultura	Abiótico	Suelo	3	3	3	3	Alto	1	3	3	2,4	Alto	7,2	Significativo
														Poco
	Abiótico	Aire	1	1	1	1	Bajo	1	1	1	1	Bajo	1	Significativo
														Altamente
	Abiótico	Agua	3	3	3	3	Alto	2	1	3	2,3	Medio	6,9	Significativo
														Poco
	Biótico	Flora	1	1	1	1	Bajo	1	2	3	2,2	Medio	2,2	Significativo
														Medianamente
Ganadería	Abiótico	Suelo	3	1	1	1,8	Medio	1	3	3	2,4	Alto	4,32	Significativo
														Poco
	Abiótico	Aire	1	1	1	1	Bajo	1	1	1	1	Bajo	1	Significativo
														Altamente
	Abiótico	Agua	3	3	3	3	Alto	2	1	3	2,3	Medio	6,9	Significativo
														Medianamente
	Biótico	Flora	2	1	3	1,8	Medio	1	3	3	2,4	Alto	4,32	Significativo
														Medianamente
Asentamientos	Abiótico	Suelo	3	1	3	2,2	Medio	1	3	3	2,4	Alto	4,8	Significativo
Humanos														Poco
	Abiótico	Aire	1	1	1	1	Bajo	1	1	1	1	Bajo	1	Significativo
														Altamente
	Abiótico	Agua	3	3	3	3	Alto	2	1	3	2,3	Medio	6,9	Significativo

2.2 Evaluación de los impactos ambientales dentro de la microcuenca

2.2.1 Criterios de evaluación

Para la evaluación de los impactos ambientales sobre la microcuenca se utilizaron criterios de evaluación estándares, los cuales son intensidad, extensión, duración, reversibilidad y el riesgo

2.3 Magnitud y la importancia

Se calcularon en base a los valores de escala dados a los criterios señalados anteriormente (Tabla 2).

Tabla 2. Magnitud e importancia de los criterios de evaluación de los impactos ambientales.

Variable	Simbología	Carácter	Valor
Magnitud M			

Intensidad	I	Alta	3
		Moderada	2
		Baja	1
Extensión	E	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
Duración	D	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódica	1
Importancia I			
Reversibilidad	R	Irrecuperable	3
		P o c o o recuperable	2
		Recuperable	1
Riesgo	G	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1
Extensión	E	Regional	3

		Local	2
		Puntual	1

Fuente: Vicente Coneza (2009)

Para el cálculo de la magnitud se realizó una sumatoria acumulada de los valores dados a intensidad, extensión y duración, asumiéndose los siguientes valores de peso: (Tabla 3)

- i: Peso del criterio de intensidad: 0,40
- e: Peso del criterio de extensión: 0,40
- d: Peso del criterio de duración: 0,20

Para calcular la magnitud del impacto de cada una de las interacciones ambientales se utilizó la siguiente formula: (7)

$$M = (0,40i) + (0,40e) + (0,20d)$$

De forma complementaria se calculó la importancia, misma que está en función de las características del impacto, a partir de la sumatoria acumulada de la extensión, reversibilidad y riesgo, asignándoles los siguientes valores de peso.

- r: Peso del criterio de reversibilidad: 0,20
- g: Peso del criterio de riesgo: 0,50
- e: Peso del criterio de extensión: 0,30

Tabla 3. Escala de magnitud de los impactos ambientales

Escala de valores estimados.	Valoración del impacto
1,0 – 1,6	Bajo
1,7 – 2,3	Medio
2,4 – 3,0	Alto

Fuente: Vicente Coneza (2009)

Estos valores se aplicaron en la siguiente formula, para obtener la importancia del impacto (7) (Tabla 4).

$$I = (0,30e) + (0,20r) + (0,50g)$$

Tabla 4. Escala de intensidad de los impactos ambientales

Escala de valores estimados	Valoración del impacto
1,0 – 3,0	Poco significativo
3,1 – 6,0	Medianamente significativo
6,1 – 9,0	Altamente significativo

Fuente: Vicente Coneza (2009)

2.4 Elaborar un plan de manejo ambiental para microcuenca del río Shobol Totoras

El plan de manejo se orientó a la construcción de programas participativos con los actores políticos y sociales que conforman la microcuenca, de prevención, mitigación y capacitación, estos se especificaron de acuerdo a la información que se generó a partir de la línea base y la evaluación de los impactos ambientales. Para esto se garantizó el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, buscando la recuperación de la biodiversidad.

3. Resultados y discusión

La elaboración de la línea base constituyó la fase inicial para el desarrollo de un plan de manejo, fue una herramienta útil que permitió elaborar un diagnóstico de las condiciones en las que se encontró la zona (8). Debido a la extensión de la microcuenca se delimitó un área de estudio menor correspondiente al río Shobol, realizando el diagnóstico del área que atraviesa las comunidades de Guabug y Shobol Llin Llin, se seleccionó este sector ya que las comunidades se encuentra aproximadamente a unos 40 m del río, encontrándose puntos críticos de contaminación que se describen más adelante en el apartado de “Evaluación de los impactos ambientales”, además de existir una planta de captación de agua para consumo humano, por este motivo se generó nueva información cartográfica, que se obtuvo en campo del área que atraviesa el río y sus alrededores, en total se generaron 203 puntos de control, que en conjunto con la información existente, permitió generar el área de estudio.

3.1 Índice de Calidad de Agua

EL ICA es de 71,25 con cual en criterio general es aceptable; para abastecimiento público necesito de mayor tratamiento y para uso agrícola de un aligera purificación

3.2. Identificación de los impactos ambientales

Se recorrió de forma íntegra toda el área de estudio, identificando todos los focos de contaminación y se agruparon en tres actividades antrópicas que se describen a continuación:

3.2.1 Ganadería

El componente hídrico se ha visto seriamente afectado por la crianza de ganado vacuno en los alrededores del río Shobol Totoras, esto ha ocasionado que existe una fuerte presión hacia el río, para la implementación de la misma las comunidades se han visto en la obligación de remplazar la poca vegetación herbácea que queda en los alrededores por pastizales o simplemente dejan que el kikuyo se asiente de a poco en las zonas contiguas al río, para lo cual han utilizado tanto mano de obra local como maquinaria. Todo este proceso conlleva a que el suelo se esponga tanto a una erosión eólica como hídrica. Otro problema que conlleva la ganadería es que los animales al pastar cerca del río la escorrentía producida por las lluvias o las aguas residuales de los canales de riego, acarrean las heces fecales del ganado contaminando el agua del río, esto se vio reflejado en los análisis de agua, al tener la presencia de coliformes fecales y totales (9).

3.2.1 La Agricultura

Estas zonas se transforman en áreas protegidas. En lo que respecta al componente hídrico este se ve afectado porque los terrenos, que a pesar de tener una cubierta vegetal compuesta por las distintas variedades de hortalizas que se siembran en la zona, la acción del viento y las lluvias arrastran el material superficial hacia las aguas del río, contaminándolo, afección que aumenta de manera exponencial al encontrarse cada vez más cerca a sus orillas, esta cercanía conlleva otro problema, el del uso indiscriminado de fertilizantes químicos, debido al lavado que sufren los suelos por acción de la lluvia, toda esta

escorrentía se dirige directamente al río, además se observó que los desperdicios y residuos de las fumigaciones son depositados directamente en el afluente.

3.3 Diagnóstico de los impactos ambientales

Se evaluaron los impactos ambientales, se determinó que el componente de agua es el más afectado, ya que la severidad para este factor es altamente significativo, para las tres actividades, para el caso del suelo, este medio como era de esperarse se ha visto afectado principalmente por la agricultura con una severidad altamente significativa, la flora ha alcanzado una severidad medianamente significativa, a pesar de la gran afectación que se registró, a nivel temporal la evaluación se realizó para la cubierta vegetal existente actualmente, por lo que la poca vegetación que queda no se ha visto tan afectada por las actividades actuales (10).

3.4 Programas de manejo para la microcuenca del Río Shobol Totoras

Este programa se enfoca en recuperar la calidad de agua, disminuyendo los niveles de contaminación, priorizando estándares de calidad para el consumo humano y producción agrícola, para esto se actuará directamente con los pobladores de las comunidades que son los principales focos de contaminación consecuencia de las distintas actividades antrópicas que realizan en su día a día, conjuntamente con charlas a los pobladores concientizándoles de la importancia del recurso hídrico (11).

El avance de la frontera agrícola afecta principalmente a los ecosistemas de páramo, como principal consecuencia se ve afectada la calidad y cantidad de agua, lo que afecta a la calidad de vida de los pobladores, mismos que son los que destruyen el páramo, por lo que urge tomara medidas que destruya este círculo vicioso sin sentido, por su parte toda la vegetación

nativa ha desaparecido en lo que respecta al área aledaña al río Shobol, quedando solamente pequeños remanentes en la superficie de paramo que no ha sido afectada.

En cuanto se refiere al programa de manejo de residuos sólidos en la cercanía con la que se encuentran las comunidades de la microcuenca del río Shobol Totoras las transforman en fuentes de contaminación, al no existir un manejo adecuado de los residuos, lo que ha provocado que ciertas áreas aledañas al río, se transformen en botaderos de basura, que con la ayuda del viento y la escorrentía producida por la lluvias, estos son arrastrados hacia el río, con este programa se busca darle un enfoque sustentable a los residuos, partiendo del reciclaje de los residuos inorgánicos y la elaboración de abonos a partir de los residuos inorgánicos, que puedan representar un beneficio económico para los pobladores de las comunidades (12).

En el Programa de seguimiento y control es un plan de manejo ambiental integral requiere de un seguimiento intensivo de las actividades planteadas en el mismo, además de ajustes a los posibles problemas que se puedan presentar durante su implementación y evaluar si las actividades planteadas están dando los resultados esperados, en la parte social y principalmente en la ambiental.

4. Conclusiones

Debido a la información obtenida en la línea base se determinó que la presencia de las comunidades de Shobol Llin Llin y Guabug, han ocasionado el aumento en los niveles de contaminación de la microcuenca del río Shobol Totoras, debido al índice de calidad de agua de 71,5 que indica la mayor necesidad de tratamiento para abastecimiento público y una ligera purificación para algunos procesos en el uso industrial y agrícola.

El avance de la frontera agrícola ha afectado al ambiente y aún más a ecosistemas frágiles como el

de Páramo, llegando a posicionarse en los límites de la reserva de Producción Faunística Chimborazo y eliminado la zona de amortiguamiento que debe existir en los alrededores del río Shobol Totoras.

La agricultura, la ganadería y los asentamientos humanos, con las respectivas actividades que conllevan, mal implementadas, manejadas y gestionadas, se han transformado en verdaderos focos de contaminación y alteración del ambiente que han cambiado por completo el entorno paisajístico de la microcuenca, afectando el factores abiótico y biótico, con efectos que generalmente son irre recuperables.

Agradecimientos: al Gobierno autónomo descentralizado de la parroquia Sana Juan por permitirnos ingresar al lugar de estudio y toda su colaboración y a todas las personas que han permitido elaborar con toda la logística para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

1. Guerrero Lagarreta, M. (2013). El Agua. Mexico : Printed in Mexico.
2. Absalón Vásquez, V., Abel Mejía, M., Abel Mejía, M., Ruben Terán, A., Issaak Vásquez, R., Jorge Díaz., & Cristian Vásquez. (2016). Manejo de cuencas hidrográficas. UNALM, pág. 646. 978-612-4147-55-5. Lima.
3. Leopold, L. (2006). Evaluación de impactos ambientales . s.l. : Dasometía.
4. Alice Franek., Engin Koncagul., Richard Connor & Diwata Hunziker. (2015). Agua para un mundo sostenible. Colombella : UNESCO.
5. Giraldo Martínez, D. M. (2009). Guia de elaboración de planes de manejo ambiental. Alcaldia mayor de Bogota. Bogotá.
6. S/N (2002). Manejo integral de cuencas hidrográficas. Chile.

7. Coneza, V. (1936). Series de investigación y educación en desarrollo sostenible. Bolivia : Santa Cruz.

8. Patricia Torres, Camilo Hernán Cruz, Paola Janeth Patiño (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo de agua. ISSN 1692-3324. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, p. 150. Medellín.

9. Umaña, E. (2002). Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua. Recuperado el 12 de Enero de 2015 de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf>.

10. Espinoza, G. (2002). Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Santiago : Andros.

11. Global, W. (2009). Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas. ISBN: 978-91-85321-78-0. Londres.

12. Ordoñez, J. (2011). Aguas subterráneas acuífero. Recuperado el 12 de 01 de 2015 de: http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf

**ELABORACIÓN DE UN INVENTARIO
FLORÍSTICO DEL PARQUE BOTÁNICO
REGIONAL SUCÚA, UBICADO EN EL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE
MORONA SANTIAGO.**



Elaboración de un inventario florístico del parque botánico regional Sucúa, ubicado en el cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago.

(Elaboration of a floristic inventory of the park botanical regional sucua, located in canton sucúa, province of morona santiago)

R. F. Salinas Yanza^{1*}, N. X. Lara Vásconez², O. Guadalupe Arias³, J. Morocho Yaucan², E. P. Salazar Castañeda¹

¹Escuela de Ingeniería Forestal. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. EC060155

²Facultad de Administración de Empresas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

*Correspondencia. E-mail: rikysalinas@gmail.com (R. F. Salinas Yanza)

RESUMEN

Las zonas de conservación de masas boscosas son de vital importancia para preservación de especies forestales amenazadas dentro del Ecuador. El presente estudio da a conocer la composición (especies y familias) dentro del parque botánico regional Sucúa. El presente estudio se realizó en la provincia de Morona Santiago, cantón Sucúa, en el bosque siempre verde pie-montano, perteneciente al gobierno autónomo descentralizado del cantón Sucúa, con las coordenadas 2°28'12"S y longitud 78°9'23"O. Se establecieron cinco parcelas en línea recta con una distancia entre parcela de cien metros. Los resultados que a continuación presentamos son resultado de los datos obtenidos en campo. Las especies recolectadas fueron identificadas en el herbario de la ESPOCH, algunas especies se encontraban en un estado infértil por lo que se dificultó su identificación, los máximos valores obtienen especies que están dentro de las familias: Moráceas, Euphorbiaceae y Myrsinaceae.

Palabras claves: transecto, inventario, parcelas.

ABSTRACT

Forest conservation areas are of vital importance for the preservation of threatened forest species within Ecuador. The present study of the composition (species and families) within the regional botanical park Sucúa. The present study was carried out in the province of Morona Santiago, Sucúa canton, in the evergreen montane forest, belonging to the decentralized autonomous government of the Sucua canton, with coordinates 2 ° 28'12 "S and longitude 78 ° 9'23 "OR. They were set five plots in a straight line with a distance between the plot of one hundred meters. The species collected were identified in the herbarium of ESPOCH, some species is found in an infertile state making identification difficult, the maximum values obtained species that are within the families: Moraceae, Euphorbiaceae and Myrsinaceae.

Key words: transect, inventory, plots.

1. Introducción

Los bosques influyen en la interceptación de lluvia, evapotranspiración, infiltración de agua y en la recarga de las aguas subterráneas (1). Los bosques son más que árboles, ya que constituyen elementos fundamentales de la seguridad alimentaria y de la mejora de los medios de subsistencia (2). La presente investigación pretende contar con información actualizada, fiable y oficial sobre los recursos forestales presentes en el Parque Botánico Regional Sucúa

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

El presente trabajo se lo realizó en el parque botánico regional Sucúa se localiza en la provincia de Morona Santiago, cantón Sucúa, sector el Kiim, con una extensión de 27,5 Ha de bosque (Fig.1). Con las coordenadas 2°28'12"S y longitud 78° 9'23"O a una altitud de 948 m.s.n.m. se realizaron cinco parcelas cuadradas de doscientos metros cuadrados en línea recta con una distancia entre parcela de cien metros entre cada parcela.

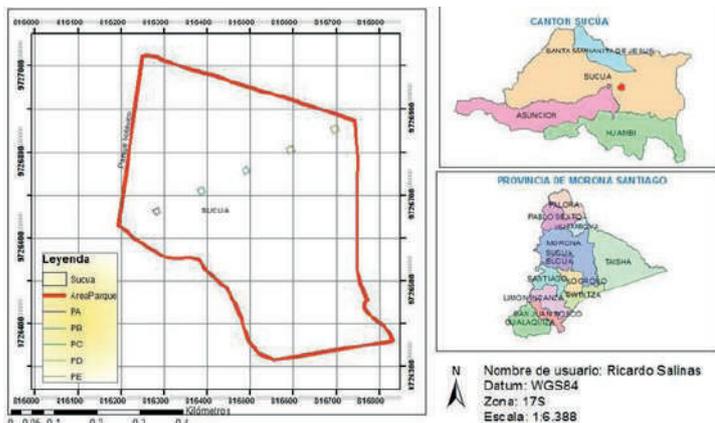


Fig. 1. Mapa del parque botánico Sucúa. (Salinas, 2017).

2.2. Toma de datos

El trabajo de campo se realizó el 10 de abril 2017. El área de muestreo fue de 1 000m², divididos en cinco parcelas de 200 m². Se tomó el DAP y la altura de las especies mayores de 10 cm. Se colectaron especímenes de la mayoría de los

individuos marcados, 1 duplicado para muestras infértiles y 3 para muestras fértiles. Las muestras fueron identificadas en el Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Para mayor información de las especies encontradas se revisó el Catálogo de Plantas Vasculares (3). Se realizaron los siguientes cálculos:

Se calculó el valor de importancia de especies y familias

Con los datos obtenidos se aplicaron las siguientes fórmulas

Dominancia relativa

$$DMR = \frac{AB \text{ de una especie}}{AB \text{ total}} \times 100 \quad (1)$$

Densidad relativa

$$D.R. = \frac{\# \text{ de individuos una sp}}{\# \text{ total de individuos}} \times 100 \quad (2)$$

Diversidad relativa

$$Div.R. = \frac{\# \text{ de especies de una familia}}{\# \text{ total especies}} \times 100 \quad (3)$$

Índice de Valor de Importancia especie

$$IVI. \text{ especie} = D.R \quad (4)$$

Índice de Valor de Importancia familia

$$IVI. \text{ familias} = D.R + DMR + Div R. \quad (5)$$

Se aplicaron las fórmulas de Simpson y Shannon para calcular el Índice de diversidad del bosque.

$$ISD = 1 - \sum () \quad (6)$$

$$= - \sum () \quad (7)$$

$$= 1$$

En donde:

ISD= Índice de Simpson

Pi = Proporción del número total de individuos que constituyen la especie

En donde:

H = Índice de Shannon

S = Número de especies

Σ = sumatoria

$pi = (ni/N)2$

ni = # de individuos de una sp.

N= # total de individuos

Log e = logaritmo natural

11	LACISTEMATACEAE	<i>Lacistema aggregatum</i>	NN	NN	4
12	Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>	Canelo amarillo	Ishpin yunkum	1
		<i>Miconia sp.</i>	Cerrak	Chinchack	1
13	MELASTOMATACEAE				2
		<i>Clidemia sp.</i>	Cerrak	Chinchack	2
		<i>Clarisia racemosa</i>	Pitiuca	Pitiuk	1
		<i>Batocarpus sp.</i>	Sandi	Kusupnach	3
14	MORACEAE	<i>Ficus insipida</i>	Higuerón	Wampu	1
		<i>Trophis caucana</i>	Cauchillo	NN	1
		<i>Maclura tinctoria</i>	Lailapo	Chiap	1
15	MYRSINACEAE	<i>Ardisia sp.</i>	NN	NN	1
16	POLYGONACEAE	<i>Triplaris americana</i>	Fernan Sanchez	Unkuya	1
17	RUBIACEAE	<i>Chomelia sp.</i>	NN	NN	1
18	RUTACEAE	<i>Zanthoxylum sp.</i>	Limoncillo	Yumunum	1
		<i>Cecropia sp.</i>	Guarumbo	Suú	2
19	URTICACEAE	<i>Urera caracasana</i>	Ortiga suku	Suku	6
		<i>Myriocarpa stipitata</i>	Ortiga	Nara	9
				Total	57

NN: sin nombre común

3. Resultados

En la (Tabla 1) el número total de individuos fue de 57, perteneciente a 19 familias, 29 géneros y 29 especies, las más frecuentes corresponden a Myriocarpa stipitata sp. con 9 individuos seguidos por Urera caracasana con 6 individuos y Macrophyllum sp. con 5 individuos.

Tabla 1. Especies registradas en el Parque Botánico Regional Sucúa

Nº	FAMILIA	Nombre Científico	Nombre común	Nombre Shuar	Nº sp.
1	ANACARDIACEAE	<i>Mauria sp.</i>	NN	NN	3
2	ANNONACEAE	<i>Rollinia dolichopetala</i>	Sapan	Yunkua	2
3	AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex guayusa</i>	Guayusa	Wais	1
		<i>Oenocarpus mapora</i>	Palma	Sake	1
4	ARECACEAE	<i>Aphandra Natalia</i>	Fibra	Tintiuk	2
5	BURSERACEAE	<i>Dacryodes peruviana</i>	Copal	Kunchai	1
6	COMBRETACEAE	<i>Terminalia amazonia</i>	Yumbingue	Yumpink	1
		<i>Macrophyllum sp.</i>	Palo tabaco	Tsan num	5
7	EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea sp.</i>	Canelo blanco	Arash puju	1
		<i>Erythrina amazónica</i>	Ajulemo	Shuke	1
8	FABACEAE	<i>Inga sp.</i>	Fotomo	Sampi	1
9	FLACOURTIACEAE	<i>Casaria sp.</i>	NN	NN	1
10	HYPERICACEAE	<i>Vismia baccifera</i>	Sacha caimo	Chuyáas	1

En la (Tabla 2) se registró las especies arbóreas del bosque, el número total de familias fue de 19 con 41 individuos, la familia Morácea registró el valor más alto de importancia 64,15%, seguido de la familia Euphorbiaceae 38,83 %, la familia con menor valor de importancia fue Myrsinaceae con 6,44%.

Tabla 2. Valor de importancia por familias arbóreas

Nº	FAMILIA	Nº INDIVIDUOS	DMR%	D.R%	R %	DIV.
						I V I FAMILIAS
1	ANACARDIACEAE	3	6,05	7,32	3,85	17,21
2	ANNONACEAE	2	16,35	4,88	3,85	25,07
3	AQUIFOLIACEAE	1	1,72	2,44	3,85	8,01
4	ARECACEAE	3	10,77	7,32	7,69	25,78
5	BURSERACEAE	1	0,19	2,44	3,85	6,48
6	COMBRETACEAE	1	0,36	2,44	3,85	6,64
7	EUPHORBIACEAE	6	16,56	14,63	7,69	38,89
8	FABACEAE	2	0,38	4,88	7,69	12,95
9	FLACOURTIACEAE	1	0,19	2,44	3,85	6,48
10	HYPERICACEAE	1	0,30	2,44	3,85	6,59
11	LACISTEMATACEAE	4	5,06	9,76	3,85	18,66
12	Lauraceae	1	0,75	2,44	3,85	7,03
13	MELASTOMATACEAE	3	1,78	7,32	7,69	16,79
14	MORACEAE	6	34,13	14,63	15,38	64,15
15	MYRSINACEAE	1	0,15	2,44	3,85	6,44
16	POLYGONACEAE	1	0,68	2,44	3,85	6,97
17	RUBIACEAE	1	0,78	2,44	3,85	7,06
18	RUTACEAE	1	0,56	2,44	3,85	6,85
19	URTICACEAE	2	3,23	4,88	3,85	11,96
	Total	41	100	100	100	300

En la (Tabla 3) se muestra el número total de individuos registrados, este es de 41, perteneciente a 26 especies y 26 géneros, la mayor importancia registró la especie *Macrophyllum* sp. (Euphorbiaceae) con 12,20%, seguida de la especie *Lacistema aggregatum* (Lacistemataceae) con 9,76%. Son 14 especies las que presentan el menor índice de importancia, con 2,44%, entre ellas *Ficus insipida*, *Maclura tinctoria*, *Ardisia* sp, *Triplaris americana*, *Chomelia* sp, *Zanthoxylum* sp, *Ilex guayusa*, *Oenocarpus mapora*, *Dacryodes peruviana*, *Terminalia amazonia*, *Alchornea* sp, *Erythrina amazonica*, *Inga* sp, *Casaria* sp, *Vismia baccifera*, *Ocotea* sp, *Miconia* sp, *Clarisia racemosa*.

Tabla 3. Valor de importancia de especies arbóreas

Nº	ESPECIE	N IND.	D.R%	IVI SP
1	<i>Mauria</i> sp.	3	7,32	7,32
2	<i>Rollinia dolichopetala</i>	2	4,88	4,88
3	<i>Ilex guayusa</i>	1	2,44	2,44
4	<i>Oenocarpus mapora</i>	1	2,44	2,44
5	<i>Aphandra Natalia</i>	2	4,88	4,88
6	<i>Dacryodes peruviana</i>	1	2,44	2,44
7	<i>Terminalia amazonia</i>	1	2,44	2,44
8	<i>Macrophyllum</i> sp.	5	12,20	12,20
9	<i>Alchornea</i> sp.	1	2,44	2,44
10	<i>Erythrina amazónica</i>	1	2,44	2,44
11	<i>Inga</i> sp.	1	2,44	2,44
12	<i>Casaria</i> sp.	1	2,44	2,44
13	<i>Vismia baccifera</i>	1	2,44	2,44
14	<i>Lacistema aggregatum</i>	4	9,76	9,76
15	<i>Ocotea</i> sp.	1	2,44	2,44
16	<i>Miconia</i> sp.	1	2,44	2,44
17	<i>Clidemia</i> sp.	2	4,88	4,88
18	<i>Clarisia racemosa</i>	1	2,44	2,44
19	<i>Batocarpus</i> sp.	3	7,32	7,32
20	<i>Ficus insípida</i>	1	2,44	2,44
21	<i>Maclura tinctoria</i>	1	2,44	2,44
22	<i>Ardisia</i> sp.	1	2,44	2,44
23	<i>Triplaris americana</i>	1	2,44	2,44
24	<i>Chomelia</i> sp.	1	2,44	2,44
25	<i>Zanthoxylum</i> sp.	1	2,44	2,44
26	<i>Cecropia</i> sp.	2	4,88	4,88
	Total	41	100	100

Nºsp: número de especie, DMR: dominancia relativa, D.R: densidad relativa, Div.R: diversidad relativa, IVI.especie: índice de Valor de Importancia especie,

IVI. Familias: índice de Valor de Importancia familia

(Tabla 4) se muestra el valor de importancia de las especies arbustivas, se registraron un total de 2 familias y 16 individuos, la familia con mayor importancia fue Urticácea con 260,12%, seguido con el menor índice por la familia Morácea con 39,88%.

Se registraron 3 especies (Tabla 5), el total de individuos fue de 16, la especie con mayor importancia fue *Myriocarpa stipitata* con un valor de 12,10%, seguida por la especie *Urera caracasana* con 37,50% de importancia. Las especies con menor valor de importancia fue *Trophis caucana* con 6,25%.

El índice de diversidad de Simpson del muestreo es de 0,945, lo que indicó que la comunidad en estudio posee una diversidad Alta, El índice de Shannon ratificó lo expuesto por el de Simpson, el índice obtenido fue de 3,086 valor que se aproxima al logaritmo natural de la riqueza específica $\ln(26) = 3,25$ por lo que el área de estudio se constituye como una comunidad diversa (4). Shannon indica que cuando los valores sobrepasan el 50% de semejanza la comunidad es diversa.

En la (Tabla 7) se registró 16 especies arbustivas, el índice de Simpson es de 0,539 y para el índice de Shannon, mismo que registró un valor de 0,86.

4. Discusión

En la (Tabla 1) el número total de individuos fue de 57, perteneciente a 19 familias, 29 géneros y 29 especies, las más frecuentes corresponden a *Myriocarpa stipitata* con 9 individuos seguidos por *Urera caracasana* con 6 individuos y *Macrophyllum* sp, con 5 individuos. La familia Urticácea presentó mayor número de especies, debido a que en este tipo de ecosistemas es común encontrar este tipo de vegetación, en el Ecuador se han registrado 217 géneros y aproximadamente 918 especies de las cuales 360 son endémicas (5).

$$I.D. \text{ SIMPSON} = 1 - \sum P_i^2$$

$$I.D. = 1 - 0,055$$

$$I.D. = 0,945$$

$$I.D. \text{ SHANNON} = -\sum [p_i \cdot \log(p_i)]$$

$$I.D. = -[-3,086]$$

$$I.D. = 3,086$$

En la (Tabla 2) se registró las especies arbóreas del bosque, el número total de familias fue de 19 con 41 individuos, la familia Moráceae registró el valor más alto de importancia 64,15%, seguido de la familia Euphorbiaceae 38,83 %, la familia con menor valor de importancia fue Myrsinaceae con 6,44%.

| En el estudio realizado por (6) se evidencia que en zonas bajo los 1 000 msnm las familias dominantes de árboles son Myristicaceae, Fabáceae, Meliáceae, Euphorbiaceae, Melastomatáceae, Rubiáceae, Vochysiaceae y Moráceae, coincidiendo con los resultados obtenidos dentro de la investigación.

Según (7) las familias que tienen el mayor índice de valor de importancia (IVI), son Arecaceae, Moráceae, Tiliaceae, Chrysobalanaceae, Sapotaceae, Fabáceae, Annonaceae, Euphorbiaceae, Bombacáceae y Meliáceae, lo cual muestra resultados similares al presente estudio, cabe destacar que este estudio se realizó en la Amazonia Boliviana.

De acuerdo a (8) las 16 familias más representativas del bosque en la cuenca baja del río Pambay, Puyo, provincia de Pastaza son: Mimosáceae con 9 especies; Lauráceae con 6 especies; Arecaceae con 6 especies; Cecropiaceae y Rubiáceae con 5 especies cada una; Clusiaceae, Melastomatáceae y Moráceae con 3 especies cada una y Actinidiaceae, Annonaceae, Flacourtiaceae, Lecythidaceae, Meliaceae, Sapotaceae y Sterculiaceae, mostrando similitud en varias de las familias.

En la (Tabla 4) se muestra el número total de individuos registrados, este es de 41, perteneciente a 26 especies y 26 géneros, la mayor importancia registró la especie *Macrophyllum* sp. (Euphorbiaceae) con 12,20%, seguida de la especie *Lacistema aggregatum* (Lacistemataceae) con 9,76%. Son 14 especies las que presentan el

menor índice de importancia, con 2,44%, entre ellas *Ficus insipida*, *Maclura tinctoria*, *Ardisia* sp, *Triplaris americana*, *Chomelia* sp, *Zanthoxylum*

Tabla 4. Valor de importancia de familias arbustivas en el bosque

Nº	FAMILIA	N INDIVIDUOS	DMR%	D.R%	DI V. R %	I V I FAMILIAS
1	MORACEAE	1	0,30	6,25	33,33	39,88
2	URTICACEAE	15	99,70	93,75	66,67	260,12
TOTAL		16	100	100	100	300

Nºsp: número de especie, DMR: dominancia relativa, D.R: densidad relativa, Div.R: diversidad relativa, IVI.especie: índice de Valor de Importancia especie, IVI. Familias: índice de Valor de Importancia familia

sp, *Ilex guayusa*, *Oenocarpus mapora*, *Dacryodes peruviana*, *Terminalia amazonia*, *Alchornea* sp, *Erythrina amazonica*, *Inga* sp, *Casaria* sp, *Vismia baccifera*, *Ocotea* sp, *Miconia* sp, *Clarisia racemosa*.

En el estudio de (6) presentando una muy escasa similitud posiblemente por tipo de bosque, se trata del bosque protector KUTUKÚ-SHAIMI en Morona Santiago.

Tabla 5. Valor de importancia de especies arbustivas

Nº	ESPECIE	N IND.	D.R%	I V I SP
1	<i>Trophis caucana</i>	1	6,25	6,25
2	<i>Urera caracasana</i>	6	37,50	37,50
3	<i>Myriocarpa stipitata</i>	9	56,25	56,25
Total		16	100	100

Nºsp: número de especie, DMR: dominancia relativa, D.R: densidad relativa, Div.R: diversidad relativa, IVI.especie: índice de Valor de Importancia especie, IVI. Familias: índice de Valor de Importancia familia

En la (Tabla 5) se muestra el valor de importancia de las especies arbustivas, se registraron un total de 2 familias y 16 individuos, la familia con mayor importancia fue Urticáceae con 260,12%, seguido con el menor índice por la familia Moráceae con 39,88%.

Se registraron 3 especies (Tabla 6), el total de individuos fue de 16, la especie con mayor importancia fue *Myriocarpa stipitata* con un valor de 12,10%, seguida por la especie *Urera*

caracasana con 37,50% de importancia. Las especies con menor valor de importancia fue *Trophis caucana* con 6,25%.

Tabla 6. Índices de diversidad Simpson y Shannon en árboles

Nº	ESPECIE	Nº INDIVIDUOS	Pi	Pi2	Log e Pi	Pi (Log e Pi)
1	<i>Mauria sp.</i>	3	0,0732	0,0054	-2,6150	-0,1913
2	<i>Rollinia dolichopetala</i>	2	0,0488	0,0024	-3,0204	-0,1473
3	<i>Ilex guayusa</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
4	<i>Oenocarpus mapora</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
5	<i>Aphandra natalia</i>	2	0,0488	0,0024	-3,0204	-0,1473
6	<i>Dacryodes peruviana</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
7	<i>Terminalia amazonia</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
8	<i>Macrophyllum sp.</i>	5	0,1220	0,0149	-2,1041	-0,2566
9	<i>Alchornea sp.</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
10	<i>Erythrina amazonica</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
11	<i>Inga sp.</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
12	<i>Casaria sp.</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
13	<i>Vismia baccifera</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
14	<i>Lacistema aggregatum</i>	4	0,0976	0,0095	-2,3273	-0,2271
15	<i>Ocotea sp.</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
16	<i>Miconia sp.</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
17	<i>Clidemia sp.</i>	2	0,0488	0,0024	-3,0204	-0,1473
18	<i>Clarisia racemosa</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
19	<i>Batocarpus sp.</i>	3	0,0732	0,0054	-2,6150	-0,1913
20	<i>Ficus insipida</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
21	<i>Maclura tinctoria</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
22	<i>Ardisia sp.</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
23	<i>Triplaris americana</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
24	<i>Chomelia sp.</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
25	<i>Zanthoxylum sp.</i>	1	0,0244	0,0006	-3,7136	-0,0906
26	<i>Cecropia sp.</i>	2	0,0488	0,0024	-3,0204	-0,1473
Total		41		0,055		-3,086

Estos resultados difieren con el trabajo de investigación de (9) las especies arbustivas más representativas son: *Miconia sp*, *Psychotria sp*, *Cyathea sp*, *Disterigma alaternoides* y *Cavendishia sp*, son las de mayor importancia ecológica, debido a que presentan el mayor valor de IVI.

El índice de diversidad de Simpson del muestreo es de 0,945, (Tabla 6) lo que indicó que la comunidad en estudio posee una diversidad Alta, este es un indicativo de que la comunidad

tiende a ser diversa debido a que el valor es cercano a 1, por lo tanto, la cobertura vegetal de la zona de estudio será heterogénea (10). El índice de Shannon ratificó lo expuesto por el de Simpson, el índice obtenido fue de 3,086 valor que se aproxima al logaritmo natural de la riqueza específica $\ln(26) = 3,25$ por lo que el área de estudio se constituye como una comunidad diversa (4). Shannon indica que cuando los valores sobrepasan el 50% de semejanza la comunidad es diversa.

Contrastando con lo registrado en campo para especies arbóreas, 19 especies arbustivas (Tabla 7), hizo que los índices de diversidad generados para el estrato arbustivo fueran totalmente opuestos a los arbóreos, así el índice de Simpson es de 0,539, este es un indicativo de que la comunidad tiende a ser diversa media ya que el valor esta distante del 1, la cobertura vegetal del área de estudio al tener poca diversidad es homogénea, este valor concuerda con lo calculado para el índice de Shannon, mismo que registró un valor de 0,86 la cual como lo manifiesta (11), valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad.

5. Conclusiones

Tabla 7. Índices de diversidad Simpson y Shannon en arbustos

Nº	ESPECIE	Nº INDIVIDUOS	Pi	Pi2	Log e Pi	Pi (Log e Pi)
1	<i>Trophis caucana</i>	1	0,0625	0,0039	-2,7726	-0,1733
2	<i>Urera caracasana</i>	6	0,3750	0,1406	-0,9808	-0,3678
3	<i>Myriocarpa stipitata</i>	9	0,5625	0,3164	-0,5754	-0,3236

Total	16	0,46094	-0,86474
I.D. SIMPSON = $1 - \sum \frac{Pi^2}{P_i^2}$		I.D. SHANNON = $-\sum [pi \cdot \log(pi)]$	
I.D. = 1-0,46094		I.D. = - [-0,86474]	
I.D. = 0,539		I.D. = 0,864	

Se registró 57 individuos, pertenecientes a 19 familias, 26 géneros y 26 especies, 41 especies arbóreas y 16 especies arbustivas.

La familia Moráceas registró el valor más alto de importancia con el 64,15%, seguido de la familia

Euphorbiaceae 38,83 %, la familia con menor valor de importancia fue Myrsinaceae con 6,44%, en especies arbóreas mientras que en las arbustivas Urticácea con 260,12%, seguido con el menor índice por la familia Morácea con 39,88%.

La especie arbórea más abundantes fue *Macrophyllum* sp, con 5 individuos seguido por las especies arbustivas *Myriocarpa stipitata* con 9 individuos.

Las especies con mayor valor de importancia fueron: *Macrophyllum* sp, con 12,20%, seguida por *Lacistema aggregatum* con 9,76%, ya que su abundancia fue significativa en los cinco transectos.

Las familias más abundantes fueron Urticácea con 3 especies y 17 individuos, Morácea con 6 especies y 7 individuos, Euphorbiaceae con 2 especie y 6 individuos.

Los índices de diversidad variaron entre los estratos arbóreos y arbustivos de forma notable, mientras el estrato arbóreo se caracterizó por ser una comunidad diversa a diferencia del estrato arbustivo la comunidad fue poco diversa ya que presentaban el menor número de individuos.

Agradecimientos

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal por todo su aporte brindado durante mi formación académica. Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos. Al Ing. Eduardo Salazar, Ing. Norma Lara por su gran apoyo, tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

Referencias

1. Poveda, E., Locatelli, B., & Djoudi, H. (2012). Cifor.org. Recuperado en diciembre del 2012 de: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/infobrief/4024-infobrief.pdf
2. Organización de las Naciones Unidas

para la Alimentación y la Agricultura-FAO. (2016). El Estado de los bosques del mundo 2016. FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/publications/sofo/2016/es/>. Roma.

3. Jørgensen, P. M., & León-Yáñez, S. (1999). Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden, 75, 1-1181.
4. Cerón, M. (2003). Manual de Botánica: sistemática, etnobotánica y métodos de estudio en el Ecuador. Quito: Editorial universitaria. Quito.
5. Freire Fierro, A. (2004). Botánica Sistemática Ecuatoriana. Missouri Botanical Garden, FUNDACYT, QCNE, RLB y FUNBOTANICA. Murray Print, St. Louis, Missouri.
6. Mogollon, H., & Guevara, J. (2004.). Caracterización vegetal de la biorreserva del Cóndor. Fundación Numashir. pag 84p. Recuperado de: <http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/pubinv/JMF/PlanManejoIntegralCutucu.pdf>
7. Quintana, L. (2005). Diversidad florística y estructura de una parcela permanente en un bosque amazónico preandino del sector del Río Hondo, Área Natural de Manejo Integrado Madidi (La Paz, Bolivia). Ecología en Bolivia, 9-12. Recuperado de: <http://ecologiaenbolivia.com/documents/16Hondo40-3.pdf>.
8. Herrera Estrella, E. (2008). Estructura de la vegetación, diversidad y regeneración natural de árboles en la Cuenca Baja del Río Pambay, Puyo, Provincia de Pastaza. Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10410/1/D-42668.pdf>.
9. Edwin, F. & Fundación natura. (2009). Inventario forestal y de materia orgánica. Recuperado de: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2519/Technical/Estudio%20carbono.pdf.
10. Cuvi, M., & Caranqui, J. (2010). Estudio

de la diversidad florística a diferente gradiente altitudinal en el bosque montano alto Ilucud, cantón Chambo, provincia de Chimborazo. Recuperado en diciembre de Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/514/1/Cubi_gradientealtitud.pdf.

11. Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Scielo. Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442006000800008&script=sci_arttext.



**TECNOLOGÍA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LA MADERA
DE EUCALYPTUS SALIGNA SMITH.**

Tecnología para el aprovechamiento de la madera de *Eucalyptus saligna* Smith.

(Technology for the use of the wood of *Eucalyptus saligna* Smith)

N. López (1)*, T. Juera (2)

(1) Director de la carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja

(2) Ingeniera Forestal. Libre ejercicio profesional

*Correspondencia. E-mail: napoleon.lopez@unl.edu.ec (N. López)

RESUMEN

Las propiedades físicas de la madera de *E. saligna* Smith, procedente de cuatro sitios de la provincia de Loja, fueron analizadas bajo la metodología empleada por las normas ASTM D 143- 94 “Estándares Americanos de Pruebas de Materiales y ajustadas a las condiciones de Laboratorio de Anatomía y Dendrocronología de la Universidad Nacional de Loja. Se seleccionaron dos árboles por sitio y se obtuvo dos trozas de 1,20 m, se elaboraron cuatro probetas de albura y cuatro de duramen, sometidas a diferentes temperatura y tiempos, para determinar, densidad, humedad, contracción e hinchamiento de la madera en tres planos de corte: tangencial, radial y longitudinal. Los resultados estadísticos demostraron no existir diferencia entre albura y duramen en la madera de *E. saligna*. La densidad básica obtenida calificó como una madera semipesada, el contenido de humedad no tuvo una diferencia estadística entre albura y duramen, su comportamiento de contracción ante el secado considerando el coeficiente T/R calificó como una madera estable, mientras la contracción marcó una diferencia por planos de corte, en cuanto a albura y duramen no se dio una diferencia significativa, igual sucedió con en el hinchamiento de la madera.

Palabras claves: albura, duramen, densidad, humedad, contracciones.

ABSTRACT

The physical properties of wood from *E. saligna* Smith from four sites in the province of Loja were analyzed using the methodology used by ASTM D 143-94 “American Standards of Materials Testing and adjusted to laboratory conditions of Anatomy and Dendrochronology of the National University of Loja. Two trees were selected per site and two logs of 1.20 m were obtained, four sapwood and four hardwood samples were prepared, subjected to different temperatures and times, to determine density, moisture, contraction and swelling of the wood in three cutting planes: tangential, radial and longitudinal. The statistical results showed no difference between sapwood and heartwood in *E. saligna* wood. The basic density obtained as a semi-wetted wood, the moisture content did not have a statistical difference between sapwood and heartwood, its shrinkage behavior when drying considering the coefficient T / R described as a stable wood, while the contraction marked a difference cutting planes, in terms of sapwood and heartwood did not give a significant difference, as happened with the swelling of the wood.

Key words: sapwood, heartwood, density, moisture, contractions.

1. Introducción

El *Eucalyptus saligna* pertenece a la familia Mirtáceas es nativa del sureste de Australia es una especie siempre verde, fuste recto, de rápido crecimiento y buena capacidad de rebrote, este árbol puede alcanzar hasta 55 m de altura y 1,8 m de diámetro, posee una corteza azul a gris verdosa que se desprende en capas dejando expuesta una capa amarillenta, la corteza es lisa excepto en la base donde presenta una textura áspera. En su área de distribución natural crece desde el nivel de mar hasta los 110 msnm en sitios con una temperatura media anual de 15 a 21°C y con una precipitación entre 800 a 1 800 mm anuales. Sin embargo, en el país se ha plantado en sitios hasta 2 300 msnm. También se ha plantado en áreas tropicales con elevaciones bajas, con temperatura media de 28°C y precipitaciones de más de 400 mm/año (1).

El género *Eucalyptus* presenta ventajas por su alta adaptación de sus especies generando una opción potencial por su capacidad productiva y por las diferentes propiedades tecnológicas de la madera.

El estudio de las propiedades físicas permiten dar a conocer su uso óptimo de la madera, cuando la densidad o peso específico de los eucaliptos colorados se ubican 750-1000 kg/m³ pertenecen al grupo de maderas pesadas, las densidades entre 500–750 kg/m³ son maderas semipesadas y los que presentan una densidad de 350-500 kg/m³ son maderas livianas (2).

En el caso de las contracciones los eucaliptos tienen diferentes valores para cada especie y en una misma muestra, y varía de acuerdo a los ejes estructurales, en sentido tangencial es mayor seguido de la contracción radial que presenta valores menores y en sentido longitudinal es muy bajo la suma de las contracciones origina la contracción volumétrica y en los eucaliptos es muy alta 15,4 % para *E. grandis* (3) y registró una contracción total de 10,64 % para *E. saligna* (4).

Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar las propiedades físicas de la madera de *Eucalyptus saligna* Smith en sus diferentes planos de corte tangencial, radial y longitudinal. Establecer comparaciones de las propiedades físicas entre albura y duramen de la madera procedente de diferentes sitios de la provincia de Loja (5).

Además este artículo hace referencia a la utilización de la madera para diferentes productos, considerando que es el desconocimiento de los aspectos tecnológicos los que están impidiendo un mejor uso (4).

2. Materiales y métodos

2.1. Ubicación del Área de estudio

Se seleccionaron cuatro sitios de diferentes cantones en la provincia de Loja, de la especie *E. saligna*, desde donde se tomaron las muestras de dos árboles por sitio.

2.2. Ensayo de las propiedades Físicas

La determinación de las propiedades físicas: contenido de humedad, densidad, contracción tangencial, contracción radial y la relación de contracción tangencial a radial para madera de albura y duramen (4, 6, 7).

Para determinar las propiedades físicas se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Contenido de humedad \%} = \frac{\text{Peso verde} - \text{Peso seco al horno}}{\text{Peso Seco al horno}} * 100$$

$$\text{Densidad básica (gr/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso anhidrido}}{\text{Volumen verde}} * 100$$

$$\text{Contracción} = \frac{\text{dimensión verde} - \text{dimensión seca}}{\text{Dimensión verde}} * 100$$

$$\text{Relación tangencial/radial T/R} = \frac{\text{Contracción tangencial}}{\text{Contracción radial}} * 100$$

$$\text{Hinchamiento} = \frac{\text{dimensión verde} - \text{dimensión seca}}{\text{Dimensión verde}} * 100$$

3. Resultados

3.1. Porcentaje de albura y duramen

Se presenta el porcentaje de albura y duramen de trozas *Eucalyptus saligna* Smith, obtenidas de dos árboles por sitio para ensayos de las propiedades físicas (Fig. 1).



Fig.1. Porcentaje de albura y duramen en madera de *E. saligna*.

3.2. Ensayos de Propiedades Físicas

3.2.1. Contenido de humedad

En la (Tabla 2) se presenta el resumen de valores del contenido de humedad de la especie *Eucalyptus saligna* Smith procedentes de los cuatro sitios de estudio, sometidas por 24 horas a 101°C para albura y duramen.

Tabla 2. Promedios y prueba de Tukey de las contracciones (%) en los tres planos de corte durante 24h00 a 101 °C

Plano_Corte	Medias
Contracción Tangencial	10,65 a
Contracción Radial	7,20 b
Contracción Longitudinal	0,47 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

3.2.2. Densidad

En la (Tabla 1) se presenta los valores promedios de la densidad para albura y duramen donde se determinó: densidad verde, densidad anhidra, y densidad básica de la especie *Eucalyptus saligna* Smith procedentes de los cuatro sitios de estudio.

Tabla 1. Propiedades físicas de la madera *Eucalyptus saligna*.

Bloque		Propiedades físicas de la madera				
		Humedad %	Densidad básica (g/cm ³)	Contracción Tangencial Tg %	Relación T/R	Hinchamiento %
A	Duramen	46,86	0,57	7,85	1,66	6,63
A	Albura	61,96	0,55	10,17	1,52	5,77
B	Duramen	65,72	0,60	12,70	1,37	6,47
B	Albura	65,27	0,50	11,30	1,32	7,89
C	Duramen	66,18	0,53	11,28	1,52	5,54
C	Albura	73,10	0,52	9,55	1,32	6,11
D	Duramen	52,28	0,67	10,29	1,52	6,60
D	Albura	70,47	0,54	12,04	1,70	5,43

En cuanto a densidad y contenido de humedad de la madera estadísticamente no existen diferencias significativas entre bloques o sitios así como también entre albura y duramen.

3.2.3. Contracción

El comportamiento de la madera durante la determinación de las contracciones en los tres planos de corte presentó diferencias estadísticas altamente significativas lo que confirma la anisotropía existente y que se da en la generalidad de maderas.

En la (Tabla 2) el comportamiento de la contracción en los planos de corte confirma lo que sucede en la mayor parte de maderas donde la contracción en plano tangencial es la que más se contrae, luego la contracción radial que en ciertos casos puede ser la mitad de la tangencial y la contracción longitudinal es la que menos se contrae, como se aprecia en la (Fig. 2)



Fig. 2. Representación de la contracción de la madera de *E. saligna* según planos de corte

Estadísticamente no existe diferencias de contracción entre albura y el duramen es decir que su comportamiento durante el proceso de secado fue similar y se observó este comportamiento en los cinco intervalos (tiempo y temperatura) a la cual fueron sometidas.

3.2.4. Hinchamiento

Realizando el análisis estadístico no existe diferencias significativas para el factor plano de corte y no existe significancia para el factor albura y duramen; resultó curioso una variación significativa para la madera procedente de Santa Teresa presentando mayor hinchamiento la madera de albura (Tabla 3).

Tabla 3. Promedios y prueba de Tukey de las contracciones (%) en los tres planos de corte durante 24h00 a 101 °C

Plano_Corte	Medias
Contracción Tangencial	10,65 a
Contracción Radial	7,20 b
Contracción Longitudinal	0,47 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

4. Discusión

4.1. Contenido de humedad

De acuerdo a la humedad y temperatura a la cual fueron sometidas las probetas del material utilizado la diferencia de humedad en albura y duramen, analizada estadísticamente no presentó diferencias significativas, así corrobora (8), que manifiesta el contenido de humedad presenta cambios sensibles y puede aumentar o disminuir de acuerdo con las modificaciones de la temperatura y humedad del aire en diferentes zonas, mientras (9) relacionan la humedad y densidad con efectos silviculturales y tasa de crecimiento en plantaciones de *E. saligna*.

Los eucaliptos y en especial el *E. grandis* su madera

en estado verde supera el 100 % de humedad (9). Así mismo la información técnica de 134 especies en Bolivia FAO (10) en un estudio determina que *E. globulus* alcanza 111% de humedad en estado verde; mientras los resultados obtenidos para el *E. saligna* en estado verde fue de 75,05% humedad, esto posiblemente debido a que la madera analizada contenía mayor porcentaje de duramen 73,4%, (5), donde predominan células muertas y cambios por fenómenos químicos que le dan mayor protección (6) y un bajo porcentaje de albura 26,6% (5), debido a la edad superior a 20 años.

4.2. Densidad

La especie estudiada con una densidad básica promedio de 0,56 g/cm³, misma que relacionada con el estudio del INTA (11), indica que los eucaliptos con una densidad básica entre 0,5 - 0,75 g/m³ pertenecen al grupo de maderas semipesados; sin embargo estudios (4) para esta especie alcanzó 0,49 g/cm³ lo cual ubicaría como una madera liviana.

La densidad básica de *E. nitens* es mayor en el duramen que en la albura, en *E. grandis* obtuvieron los siguientes valores en albura 0,464 g/cm³ y duramen 0,47 g/cm³ (12) y los resultados alcanzados en *E. saligna* albura 0,53 g/cm³ y duramen 0,59 g/cm³ (5), indican que la densidad básica de las maderas del género *Eucalyptus* es mayor en el duramen en relación a la madera de albura.

4.3. Contracción

La contracción de la madera en estudio obtuvo resultados con valores más altos en las probetas de albura y menores en duramen, y durante el tiempo y condiciones de temperatura ensayadas se comportó igual como sucede en la mayoría de especies forestales donde su disminución de dimensiones es mayor en plano tangencial, luego radial y ésta a su vez mayor que la contracción longitudinal (4, 6, 7).

La contracción radial disminuye menos debido a la disposición de los radios perpendiculares al eje longitudinal del tronco y que ayudan a restringir los cambios dimensionales en la dirección radial, mientras la contracción longitudinal se mantiene debido a la orientación longitudinal de los principales tejidos constituyentes de la madera (13). Esta propiedad de contracción tiene que ver con los defectos que se presentan en la madera durante el proceso de secado, debido a que la mayoría de ellos son producidos por efectos de las contracciones o disminuciones de dimensiones diferentes de cada uno de los planos de corte de la madera (14), también refieren que la contracción es mayor en la parte central y lateral si se considera la posición radial (15).

La relación tangencial/radial $T/R=1,6$ determina que la madera de *E. saligna* es estable para el proceso de secado con buen comportamiento al secado convencional y cuando mayor es esta relación la madera tiende a presentar rajaduras, agrietamientos en el proceso de secado (4).

4.4. Hinchamiento

El análisis estadístico realizado demostró diferencias significativas en esta propiedad tanto para el factor bloque y plano de corte, esto se debe a que el hinchamiento se comporta de manera heterogénea en sus diferentes direcciones, la contracción tangencial es la que mayormente se expande con un promedio de 6,37 % en la contracción radial 3,59 % y en la contracción longitudinal 0,25 %. El proceso de hinchamiento y contracción de la madera es consecuencia de la transferencia de agua con el medio ambiente, tendiente a buscar una condición de equilibrio higroscópico (16).

También Hoffmeyer 1995 citado (16) menciona que el hinchamiento es máximo en la dirección tangencial, el cual para fines prácticos puede considerarse igual al doble del experimentado en la dirección radial, siendo mínimo el longitudinal o axial, que alcanza usualmente valores más de veinte veces menores a los anteriores.

Esto coincide con trabajos (16), quienes señalan que hay una tendencia decreciente del hinchamiento con la altura del árbol y decreciente con la distancia de la médula, pese a la mejor calidad de la madera.

4.5. Usos de la madera

Con estas características de la madera ha tenido el desafío para varios usos y es común los productos sólidos en Australia, para la región es a fines del siglo pasado que empieza a tomarse interés para la producción de productos sólidos existiendo hoy en día una genética y una silvicultura orientada a la producción de materia prima más homogénea utilizada en productos sólidos con alto valor agregado (17).

La década del 80 en Brasil se plantaron 6 millones de ha de bosques destinados al consumo de madera industrial de celulosa fibra larga y corta, (Pino y Eucalipto), también está el carbón vegetal para siderurgia, paneles reconstituidos (hardboard, aglomerados, MDF y OSB), así como también los compensados y madera aserrada (18), similar ocurre en Argentina con *E. grandis* (11).

De Freitas (19), (20), destacan los usos de la madera de *E. saligna* en tableros encolados, pallets y otros usos como utensilios para agricultura, artículos deportivos, construcción rural y segmento mobiliario, haciendo notar además las ventajas competitivas del crecimiento rápido, la existencia de variedades diferentes con adaptación a diferentes climas y tipos de suelos, el aprovechamiento de madera juvenil para múltiples usos (21, 22).

5. Conclusiones

La densidad básica que es la más utilizada en comparaciones de estudios de maderas clasifica a esta madera como de densidad media o semipesado, con 0,59 g/cm³ en duramen y 0,53 g/cm³ en albura razón que establece la poca diferenciación.

Las contracciones en la madera de *E. saligna*, confirmaron lo que sucede casi en la generalidad de maderas según sus planos de corte; sin embargo, en la contracción tangencial sumada a la radial corresponde de acuerdo a la clasificación inicial a una contracción volumétrica elevada.

La contracción para albura y duramen no diferenciada estadísticamente, si refleja una diferenciación para los diferentes planos de corte, a cambios de contracción aún en la madera madura o duraminizada del *E. saligna*.

6. Referencias

1. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. (1971). *Eucalyptus saligna* Smith. Especie de Árbol de Uso Múltiple en América Central. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido. Área de Producción Forestal y Agroforestal. Turrialba-Costa Rica. p. 71.
2. Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera-CTT. (2001). *Tecnología de la madera*. Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Recuperado de: http://www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2007/03/unidad_1-madera.pdf. Chile.
3. Batista, C., Nunes, C., Hegedus, C., Dordenoni, P. & Corteletti, R. (2013). Partial shrinkage and proportion of cracks in juvenile and adult Wood of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Ciencia da Madeira*. (Brazil J. Wood Sci.) Pelotas, 04 (2): 202-213.
4. López, N. (2001). Efecto de la dirección de corte de aserrado en el secado convencional de madera de eucalipto colorado (*Eucalyptus saligna*). Tesis magister en Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Chile.
5. Juella, T. (2015). Caracterización de las propiedades físicas de la madera de *Eucalyptus saligna* Smith de la provincia de Loja. Tesis Ingeniero forestal. Universidad nacional de Loja. p. 40.
6. Kollmann, F., (1951). *Tecnología de la Madera y sus aplicaciones*. Instituto forestal de Investigaciones y Experiencias y del servicio de la Madera. 2da Ed. Tomo 1. Munich Alemania. p. 695.
7. Junta del acuerdo de Cartagena-JUNAC. (1989). *Manual del Grupo Andino para el secado de Maderas*. PRID- MADERA-CEE. Edit Carvajal Colombia 1989. 130 p.
8. Puchaicela, C. (2013). *Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico-mecánicas de cinco especies maderables en bosques secundarios del cantón Zamora*. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. p. 161.
9. DeBell, D., Keves, C., & Gartner, B. (2001). Wood density of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate. *Australian Forest* 64(2): 106-110.
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO. (2013). Recuperado de: <http://www.fao.org/forestry/foris/webview/forestry2/index.jsp?siteId=5081&siteId>.
11. Sánchez, M. (2012). *Caracterización de la madera del nuevo híbrido Eucalyptus grandis, Hill ex Maiden x Eucalyptus tereticornis, Smith, su aptitud de usos en Argentina*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid. España. p.125.
12. Tinto, J. R. (1989). *Características y aserrado de rollizos E. grandis*. VI Jornadas Ftales de ER, pp. 27-50. Recuperado de: http://www.ipef.br/publicacoes/seminario_serraria/cap09.pdf.
13. Ananías, R. (1992). *Física de la Madera*. Apuntes de física de la madera. Dto. Ingeniería en Maderas, Universidad del Bío, Chile. p. 41.

-
14. Da Silva Oliveira, J. T., & de Castro Silva, J. (2003). Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. R. *Árvore*, Viçosa-MG, 27(3), 381-385.
15. Ananías, R., Díaz, C. & Leandro, L. (2009). Estudio preliminar de la contracción y colapso de la madera de *Eucalyptus nitens*. *Madera. Ciencia y Tecnología* 11(3): 251-262.
16. Calvo, C., Cotrina, A., Cuffré, A., Piter, J., Stefani, P., & Torrán, E. (2006). Variación radial y axial del hinchamiento, del factor anisotrópico y de la densidad, en el *Eucalyptus grandis* de Argentina. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 8(3): 159- 168.
17. Piter, J. C., Torran, E., Villalba, I., Calvo, C., Cuffre, A., Tejedor, C., Sosa Zitto, A., Zakowicz, N., Sánchez Acosta, M. (2004). Contractibilidad de la madera de *Eucalyptus grandis* de distintas poblaciones genéticas de la Mesopotamia. Grupo GEMA- Universidad Tecnológica Nacional UTN.
18. Nahuz, M. (2003). I Experiencia en Brasil de productos sólidos de Eucalipto. XIX Jornadas Forestales de entre Ríos. Sao Paulo Brasil.
19. De Freitas, A. K. (2008). Qualidade da madeira serrada e dois palenéis colados lateralmente obtidos de um plantío de *Eucalyptus saligna* Smith, visando o segmento moveleiro. Mestre en Ciencias. Univeridade Federal Rural do Rio de Janeiro. Brasil.
20. De Freitas, A, K., Monteiro de Carvalho, A., Garcia A. R., & De Figueredo Latorraca, J. V. (2008). Caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Smith nas condições verde e seca. *Revista Forestal Venezolana*, Ano XLII, Volumen 52(1) enero-junio, 2008, pp. 71-76.
21. Da Silva, M., Martins M., Oliveira G., & Carvalho P. (2009). Parâmetros de qualidade da usinagem para determinação dos diferentes usos da madeira *Eucalyptus*. *Cerne*, Lavras, v. 15, n. 1, p. 75-83.
22. Sánchez Acosta, M. (2006). Productos sólidos a partir de madera de eucaliptos cultivados. INTA. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) Estación Experimental Concordia. *Boletín del CIDEU* 2: 103-117. Concordia, Entre Ríos, Argentina.



**ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD
FLORÍSTICA EN EL ECOSISTEMA
PÁRAMO, EN LA PARROQUIA LA
MATRIZ SECTOR “PAMPAS DE
SALASACA” DEL CANTÓN TISALEO,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO, EN LA PARROQUIA LA MATRIZ SECTOR “PAMPAS DE SALASACA” DEL CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

(STUDY OF FLORISTIC DIVERSITY IN THE PARAMO ECOSYSTEM, IN THE PARISH MATRIX SECTOR “PAMPAS DE SALASACA” OF CANTON TISALEO, PROVINCE OF TUNGURAHUA.)

E. Cabezas (2), M. Peralta (1), C. Carpio (1), E. Salazar (1)*

(1) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

(2) Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Penipe

**Correspondencia. E-mail: erickaalexa@hotmail.com (E. Cabezas)*

RESUMEN

El Ecuador, país mega diverso que posee la mayor cantidad y diversidad de animales como de plantas, aproximadamente el 70% de la diversidad mundial, dentro de esta categorización concurren unos ecosistemas muy importantes como son los páramos, la diversidad de los ecosistemas páramos está mejor determinados por la palabra “únicos”

Es preciso indicar que el páramo es fundamental en el cantón Tisaleo siendo desde tiempos históricos sitios de donde se extraían plantas medicinales y como reserva del recurso hídrico, es necesario identificar la heterogeneidad florística, para tomar decisiones técnicas correctas.

Con este antecedente es necesario ampliar el conocimiento y determinar la diversidad florística en el ecosistema páramo, en la Parroquia La Matriz sector “Pampas de Salasaca” del Cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua, corroborando y ampliando la información existente valiéndonos de la metodología de Gloria y variables como el Valor de Importancia (I.V.I.) de especie y familias, Índices de diversidad de Simpson, Shannon-Weaver, Sorensenn.

Los datos de las especies vegetales en las 2 parcelas de 3*3m² distribuidos al azar se colecto 32 muestras de plantas vasculares correspondientes a 17 familias. La familia Asterácea registró 8 especies, siendo el mayor número, seguida por Rosácea con 4 especies y por último Poácea con 3 especies. Las familias restantes están representadas por 1 a 2 especies. La especie que domina es, Calamagrostis intermedia (J.Presl) Steud al poseer 694 individuos; 0,915 m² de cobertura siendo la más numerosa Hypochaeris sonchoides Kunth, perteneciente a la Asterácea es la especie que presenta el menor número de individuos con 2.

Palabras Claves: Paramo, florístico, diversidad.

ABSTRACT

Ecuador, a mega-diverse country that has the greatest number and diversity of animals and plants, approximately 70% of the world's diversity, within this categorization there are very important ecosystems such as the paramos, the diversity of the paramo ecosystems is better determined by the word “unique” It is necessary to indicate that the páramo is fundamental in the canton Tisaleo being from historical times places where medicinal plants were extracted and as a reserve of water resources, it is necessary to identify the floristic heterogeneity, to make correct technical decisions.

With this background it is necessary to expand the knowledge and determine the floristic diversity in the páramo ecosystem, in La Matriz Parish sector “Pampas de Salasaca” of Tisaleo Canton, Tungurahua province, corroborating and expanding the existing information using the methodology of Gloria and variables such as Value of Importance (IVI) of species and families, Diversity indexes of Simpson, Shannon-Weaver, Sorensenn. The data of the plant species in the 2 parcels of 3 * 3m² randomly distributed were collected 32 samples of vascular plants corresponding to 17 families. The Asteracea family recorded 8 species, the largest number being followed by Rosacea with 4 species and finally with 3 species. The remaining families are represented by 1 to 2 species. The dominant species is Calamagrostis intermedia (J.Presl) Steud, with 694 individuals; 0.915 m² of coverage being the most numerous Hypochaeris sonchoides Kunth, belonging to the Asterácea is the species that presents the smallest number of individuals with 2.

Key words: Paramo, floristic, diversity.

1. Introducción

Este documento proyecta aportar de manera técnica sobre la biodiversidad a escala de ecosistemas que se presenta en el Ecuador, la diversidad de los páramos es extraordinaria y “única” que por “riqueza”. A todos los niveles de la biodiversidad (genes, especies y paisajes) no hay más representantes en el páramo que en otras zonas de vida, pero lo característico es “lo que hay en el páramo, no se encuentra en ninguna otra parte” (1).

En primer lugar, el paisaje: estos grandes valles con humedales, fragmentos de bosque, pajonales y nevados solamente se encuentran en los Andes. Luego, aunque no hay tantas especies como en otras altitudes, las imágenes del páramo (el cóndor y la paja, el lobo y la chuquiragua, etc.) no se encuentran en ninguna selva. Finalmente, al nivel de genes, todo el mundo asocia el páramo (2).

En el cantón Tisaleo existe escasa información por la falta de investigación sobre el ecosistema páramo, el uso inadecuado del suelo, el avance de la frontera agrícola y manejo inadecuado de las especies de flora y fauna, ha hecho que se pierda gran parte de una cantidad de especies de importancia valorable, como fuente de agua para consumo humano y riego, captura de carbono y otros.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materiales

2.1.1 Localización

Parroquia la Matriz sector “Pampas de Salasaca” en el Cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua.

2.1.2 Coordenadas proyectadas 17S, Datum WGS 84

X: 754291

Y: 9845731

Altitud: 3877 msnm

2.1.3 Condiciones climatológicas

Temperatura máxima: 12 °C

Temperatura media: 8 °C

Temperatura mínima: 3°C

Humedad relativa: 75-77 %

Precipitación promedio anual: 800-5000 mm anuales.

Clasificación ecológica: Según Holdrige (3), Estepa Espinosa Montano Bajo.

2.1.4 Materiales

Materiales de Campo: Cinta métrica, cámara fotográfica, prensa portátil, periódico, tijera de podar, cuchillo, etiquetas, libreta para campo, malla cuadrada de 1m X 1m, marcadores, prensa. Materiales de oficina: Computadora, impresora,

hojas de papel, calculadora, GPS, vehículo, Arcgis 10, Past

2.2 Métodos.

2.2.1 Socialización con la comunidad educativa Tisaleña.

Se realizó Charlas y Trabajos de campo con los estudiantes de la “Unidad Educativa Aníbal Salgado Ruíz”

2.2.1 Geo-referenciar el área de estudio.

Los puntos se tomaron con la ayuda de un GPS, recorriendo el sector en estudio, las coordenadas se ubicaran en los sitios donde se instalaran las parcelas permanentes.

2.3 Identificar la composición florística de la zona por la metodología “GLORIA”

2.3.1 Selección del lugar de estudio

Para seleccionar los lugares de estudio se realizó un reconocimiento de la zona con ayuda del Jefe del UCADACT-GADM TISALEO.

2.3.2 Muestreo

Para conocer la intensidad del muestreo aplicamos la siguiente fórmula:

“i=” “superficie a muestrear” / “superficie total” “ X 100”

“i=” “1.93 Ha” / “96.5 Ha” “ X 100”

“i= 2 parcela “

Al aplicar la formula se decidió realizar dos parcelas distribuidas en toda el área de estudio, teniendo en cuenta que no exista alteración de la vegetación, ni pendientes pronunciadas.

2.3.3 Instalación de parcelas

Las zonas de muestreo se identificaron aplicando

criterios del tipo de vegetación y estado de conservación. Se instaló dos parcelas de 3 x 3 m, con ayuda de una brújula ya que debíamos ubicarlas de acuerdo a los cuatro puntos cardinales. Cada cuadrante se subdividió en parcelas de 1 x 1 m, las observaciones de la vegetación se realizó únicamente en las cuatro subparcelas de las esquinas o extremos, ya que las otras parcelas pueden quedar alteradas por el pisoteo del investigador a lo largo del muestreo (Fig. 1).

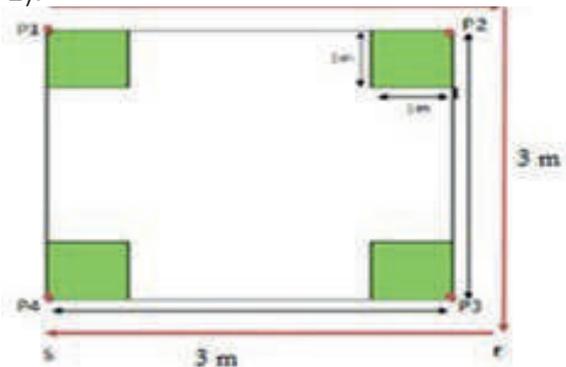


Fig. 1. Parcela de 3 x 3 m

Cada una de las subparcelas de 1 x 1m², se subdividieron en cuadrantes de 0,1 x 0,1 m, para ello se utilizó un armazón de madera con un enrejado de hilos finos que delimitan 100 celdillas cada celda constituirá el 1% del cuadrante, de acuerdo a la metodología del manual GLORIA. (Iniciativa para la Investigación y el Seguimiento Global de los Ambientes Alpinos) (4) (Fig. 2).

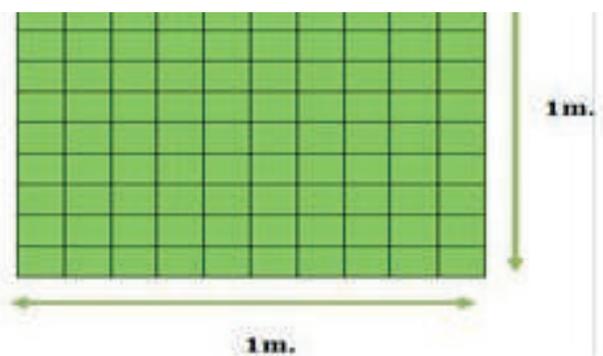


Fig. 2. Diseño de parcela de 1m².

2.3.4 Recolección de muestras botánicas e identificación de las especies

recolectadas.

La recolección de muestras en campo en el cual consistió e identificar las especies más representativas en cada punto de muestreo. Los individuos que se pudieron identificar en el campo, se anotó en un formulario y se registraron como especies observadas. Además, se tomaron fotografías digitales de los ecosistemas muestreados y de algunas especies de plantas, las cuales servirán como material de apoyo visual. Las plantas que no identificamos en el campo se recolectaron para su identificación en el herbario de la ESPOCH (CHEP), a nivel de familia, y especie. Con la información obtenida determinamos: el orden de importancia de cada especie y los

Tabla 2. Interpretación de la diversidad Shannon

Valores	Interpretación
0,0 – 0,35	Diversidad baja
0,36 – 0,75	Diversidad media
0,76 – 1,00	Diversidad alta

Fuente: (Ordoñez L. 2002)

índices de diversidad de Simpson, Shannon-Weaver, Sorensenn (Tabla 2, 3).

Tabla 3. Interpretación del índice de Sorensen.

Valores	Interpretación
0 – 35	Similares
36 – 70	Medianamente similares
71 – 100	Muy similares

Fuente: Pujos, L. (2013).

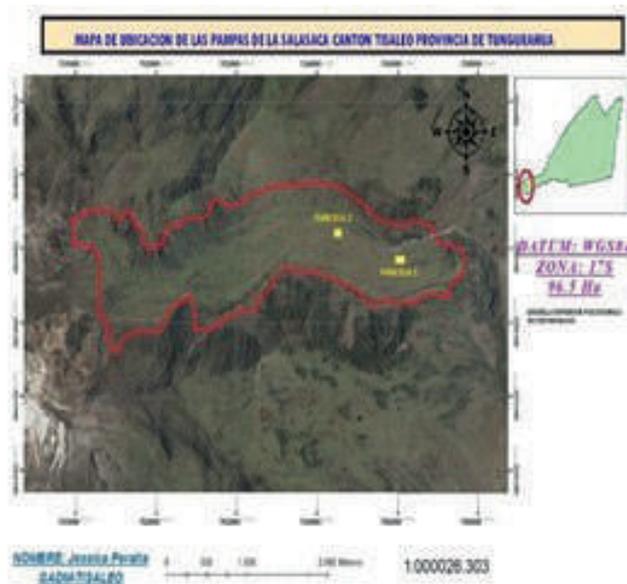


Fig. 3. Georeferenciación del área de estudio

3. Resultados y Discusión

3.1 Georeferenciación del área de estudio .

Tabla 1. Datos de la georeferenciación.

Parcelas	X	Y	Altura(m.s.n.m)
1	755554	9845662	3851
2	754291	9845731	3877

Elaborado por: Peralta, J, 2017

3.2 Inventario de la área de estudio

Se registraron los datos de las especies vegetales de 2 parcelas de 3*3m² en las cuales fueron distribuidos al azar donde se colectó 32 muestras de plantas vasculares correspondientes a 17 familias botánicas las cuales fueron identificadas en el HERBARIO-ESPOCH.

La familia Asteráceas registró 8 especies, siendo el mayor número, seguida por Rosáceas con 4 especies y por último Poáceas con 3 especies. Las familias restantes están representadas por 1 a 2 especies, como se indica en la (Tabla 4).

La especie que domina es, Calamagrostis intermedia (J.Presl) Steud al poseer 694 individuos; 0,915 m² de cobertura siendo la más numerosa.

Hypochoeris sonchoides Kunth, perteneciente a la Asteráceas es la especie que presenta el menor

Tabla 4. Composición florística registrada

ESPECIES REGISTRADAS 3851-3877msnm					
Nº	Familia	Nombre Científico	Individuos	Cobertura	Cobertura m ²
1	APIACEA	<i>Eryngium hamile</i> Cav.	8	0,04	0,038
		<i>Azorella retiodes</i> (Spreng.)DC	29	10	0,1
2	ASTERACEA	Indeterminada 1	2	0,25	0,0025
		<i>Cotula</i> sp.	452	31,5	0,315
		<i>Culcitium canescens</i> Bonpl	8	1,5	0,15
		<i>Chaptalia stuebelli</i> Hieron	5	5	0,05
		<i>Gnaphalium</i>	1	0,6	0,03
		Indeterminada 2	5	3,4	0,034
		<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	3	1,2	0,012
		<i>Hypochaeris sonchoides</i> Kunth	2	1	0,01
3	CYPERACEA	<i>Scirpus californius</i>	1	0,6	0,03
4	DAVALLIACEAE	<i>Nephrolepis pectinata</i>	2	0,2	0,01
5	DRYOPTERIDACEA	<i>Elaphoglossum</i> sp	2	0,2	0,01
6	EQUICETACEA	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	442	28,5	0,285
7	ERICACEA	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	4	4,5	0,015
8	FABACEA	<i>Lupino</i> sp	1	0,5	0,01
		<i>Trifolium repens</i> L	319	9,05	0,091
9	GERANIACEA	<i>Geranium reptans</i> R. Kunth.	157	9,3	0,093
		<i>Geranium difuso</i>	53	7,75	0,075
10	GUNNERACEAE	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	30	11	0,11
11	HYPERIACEA	<i>Hyperium laricioides</i>	4	4	0,04
12	LAMINACEAE	<i>Stachys alliptica</i> Kunth	1	0,6	0,3
13	LYCOPODIACEA	<i>Lycopodium</i> sp	52	26	0,26
14	PLATAGINACEA	<i>Plantago rigida</i> Kunth	480	78,6	0,786
15	POACEA	Indeterminada 3	36	12,6	0,126
		<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl)	694	91,5	0,915
		<i>Agrotis</i> sp	120	38,6	0,386
16	ROSEACEA	<i>Lachemilia aphanides</i> Mutisex L.F	301	56	0,56
		<i>Lachemilia orbiculata</i> (Ruiz / Pav.)	178	59,5	0,6
		<i>Acaena elongata</i> L	1	0,5	0,01
		<i>Acaena elongata</i> L1	2	0,2	0,5
17	VALERIANEACEA	<i>Valeriana rigida</i> Kunth.	22	21	0,21

Elaborado por: Peralta. J, 2017

número de individuos con 2.

Estos resultados concuerdan con la aseveración de (5) y (6) quienes afirman que en los páramos de la provincia del Tungurahua cantón Ambato y Tisaleo, Asteráceas es la más diversa en especies, le sigue un alto grupo de familias (Poáceas, Rosáceas, Apiáceas) que ocupan también lugares relevantes

en otras localidades.

3.3 Índice de valor de importancia de especies y familia

Las familias con mayor valor de importancia fueron 3, Asteráceas registró el valor más alto de importancia 59,0%, seguido de Rosáceas 48,5%,

y por Poácea 47,6%. La familia con menor valor de importancia fue Valerianácea con 6,3% (Tabla.6). Los resultados concuerdan con (7) y (8) donde afirman que estas familias son las más abundantes en el páramo se adaptan a las condiciones climáticas y edáficas y desempeñan un papel importante en el ciclo biológico.

Las familias con mayor valor de importancia fueron 3, Asterácea registró el valor más alto de importancia 59,0%, seguido de Rosácea 48,5%, y por Poácea 47,6%. La familia con menor valor de importancia fue Valerianácea con 6,3% (Tabla.6). Los resultados concuerdan con (7) y (8) donde afirman que estas familias son las

Familia	Individuos	Diver. Re	Densi. Re	Domi. Re.	LV.L. Fami
APIACEA	2	6,25	2,0308	2	14,5
ASTERACEA	8	25	8,9909	9	59
CYPERACEA	1	0,1214	6,3714	0,1	6,4
DAVALLIACEA	1	6,25	0,0809	0,1	12,6
DRYOPTERIDA	1	6,25	0,0809	0,1	12,6
EQUICETACEA	1	5,7647	12,0147	5,8	12
ERICACEA	1	0,9102	7,1602	0,9	7,2
FABACEA	2	1,9317	14,4317	1,9	14,4
GERANIACEA	2	3,4487	15,9487	3,4	15,9
GUNNERACEA	1	2,225	8,475	2,2	8,5
HYPERIACEA	1	0,8091	7,0591	0,8	7,1
LAMINACEAE	1	3,125	0,1214	0,1	6,4
LYCOPODIACEA	1	3,125	5,259	5,3	11,5
PLATAGINACEA	1	3,125	15,8984	15,9	22,1
POACEA	3	9,375	28,8639	28,9	47,6
ROSEACEA	4	12,5	23,5037	23,5	48,5
VALERIANACEA	1	3,125	0,0405	0	6,3
TOTAL	100	100	100	100	300

más abundantes en el páramo se adaptan a las condiciones climáticas y edáficas y desempeñan un papel importante en el ciclo biológico.

Las especies con mayor valor de importancia fue Calamagrostis intermedia (J. Presl) Steud.41, 8 %, Plantago rigida Kunth 34,9%, Cotula sp 24,6%, por tener la densidad y dominancia relativa más alta. Las especies con menor valor de importancia Nephrolepis pectinata y Elaphoglossum sp con 2,1% como se indica en la (Tabla 5).

Los resultados concuerdan (9) y (10) donde afirman que estas especies existen en gran abundancia y además de factores bióticos, que posee el páramo juega un papel muy importante en los cambios y transformaciones sobre la estructura y composición de este ecosistema

ESPECIES REGISTRADAS 3851-3877msnm					
Nº	Familia	Nombre Científico	Individuos	Cobertura	Cobertura m ²
1	APIACEA	<i>Eryngium hamile</i> Cav.	8	0,04	0,038
		<i>Azorella retioides</i> (Spreng.)DC	29	10	0,1
2	ASTERACEA	Indeterminada 1	2	0,25	0,0025
		<i>Cotula</i> sp.	452	31,5	0,315
		<i>Calcitium canescens</i> Bonpl	8	1,5	0,15
		<i>Chaptalia stuebelii</i> Hieron	5	5	0,05
		<i>Gnaphalium</i>	1	0,6	0,03
		Indeterminada 2	5	3,4	0,034
		<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	3	1,2	0,012
		<i>Hypochaeris sonchoides</i> Kunth	2	1	0,01
3	CYPERACEA	<i>Scirpus californicus</i>	1	0,6	0,03
4	DAVALLIACEAE	<i>Nephrolepis pectinata</i>	2	0,2	0,01
5	DRYOPTERIDACEAE	<i>Elaphoglossum</i> sp	2	0,2	0,01
6	EQUICETACEA	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	442	28,5	0,285
7	ERICACEA	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	4	4,5	0,015
8	FABACEA	<i>Lupino</i> sp	1	0,5	0,01
		<i>Trifolium repens</i> L.	319	9,05	0,091
9	GERANIACEA	<i>Geranium reptans</i> R. Kunth.	157	9,3	0,093
		<i>Geranium difusum</i>	53	7,75	0,075
10	GUNNERACEAE	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	30	11	0,11
11	HYPERIACEA	<i>Hyperium laricioides</i>	4	4	0,04
12	LAMINACEAE	<i>Stachys alliptica</i> Kunth	1	0,6	0,3
13	LYCOPODIACEA	<i>Lycopodium</i> sp	52	26	0,26
14	PLATAGINACEA	<i>Plantago rigida</i> Kunth	480	78,6	0,786
15	POACEA	Indeterminada 3	36	12,6	0,126
		<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Pr)	694	91,5	0,915
		<i>Agrotis</i> sp	120	38,6	0,386
16	ROSEACEA	<i>Lachemilla aphanides</i> Mutis ex	301	56	0,56
		<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz / P)	178	59,5	0,6
		<i>Acaena elongata</i> L.	1	0,5	0,01
		<i>Acaena elongata</i> L1	2	0,2	0,5
17	VALERIANACEA	<i>Valeriana rigida</i> Kunth.	22	21	0,21

Elaborado por: Peralta, J, 2017

andino.

3.4 Índices de diversidad Simpson-Shannon-Weaver, Sorensenn.

Comprobando con lo registrado en campo, las 32 especies (Tabla 7), los índices de diversidad fueron totalmente opuestos, así el índice de Simpson es de 0,88, este es un indicativo de que la comunidad tiende a ser diversa debido a que el valor es cercano a 1, por lo tanto, la cobertura vegetal de la zona de estudio será heterogénea (11). El índice de Shannon ratificó lo expuesto por el de Simpson, el índice obtenido fue de 2,4 valor que se aproxima al logaritmo natural de la riqueza específica por lo que el área de estudio se constituye como una comunidad diversa.

Según (8) n manifiesta que en el rango 30% – 70% son medianamente similares, en nuestro estudio el grado de similitud entre las dos parcelas fue del 63,82% lo cual se no se debe a la gradiente altitudinal que corresponde a la misma zona lo cual concuerda con el autor (Tabla 8).

Tabla 7. Índices de diversidad Simpson y Shannon

Nombre Científico	Ind	pi	pi ²	Log pi	pi*log pi
<i>Eryngium hamile</i> Cav.	8	0,00234124	0,00001	-6,05707671	-0,01418104
<i>Azorella retiodes</i> (Spreng.)DC	29	0,00848698	0,00007	-4,76922242	-0,04047628
Indeterminada 1	2	0,00058531	0	-7,44337107	-0,00435667
<i>Cotula</i> sp.	452	0,13227978	0,0175	-2,02283607	-0,267580306
<i>Culcitium canescens</i> Bonpl	8	0,00234124	0,00001	-6,05707671	-0,01418104
<i>Chaptalia stuebelli</i> Hieron	5	0,00146327	0	-6,52708034	-0,009550893
<i>Gnaphalium</i>	1	0,00029265	0	-8,13651825	-0,002381188
Indeterminada 2	5	0,00146327	0	-6,52708034	-0,009550893
<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	3	0,00087796	0	-7,03790596	-0,006179022
<i>Hypochaeris sonchoides</i> Kunth	2	0,00058531	0	-7,44337107	-0,00435667
<i>Scirpus californius</i>	1	0,00029265	0	-8,13651825	-0,002381188
<i>Nephrolepis pectinata</i>	2	0,00058531	0	-2,04520837	-0,264554317
<i>Elaphoglossum</i> sp	2	0,00058531	0	-6,75022389	-0,00790193
<i>Equisetum bogotense</i>	442	0,12935323	0,01673	-8,13651825	-0,002381188
<i>Vacanium floribundum</i> Kunth	4	0,00117062	0	-2,37132715	-0,221379386
<i>Lupino</i> sp	1	0,00029265	0	-3,08027245	-0,141528468
<i>Trifolium repens</i> L.	319	0,09335675	0,01	-4,16622634	-0,064621011
<i>Geranium reptans</i> R. Kunth.	157	0,04594674	0,00211	-4,73532087	-0,041574371
<i>Geranium difuso</i>	53	0,01551068	0,00024	-6,75022389	-0,00790193
<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	30	0,00877963	0,00008	-8,13651825	-0,002381188
<i>Hyperium laricioides</i>	4	0,00117062	0	-4,18527453	-0,063691623
<i>Stachys alliptica</i> Kunth	1	0,00029265	0	-1,96273215	-0,275713032
<i>Lycopodium</i>	52	0,01521803	0,00023	-7,44337107	-0,00435667
<i>Plantago rigida</i> Kunth	480	0,1404741	0,01973	-7,44337107	-0,00435667
Indeterminada 3	36	0,01053556	0,00011	-4,55299931	-0,047968386
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Pr	694	0,20310214	0,04125	-1,59404629	-0,323754207
<i>Agrotis</i> sp	120	0,03511853	0,00123	-3,34902651	-0,117612871
<i>Lachemilia aphanides</i> Mutis ex	301	0,08808897	0,00776	-2,42940799	-0,21400404
<i>Lachemilia orbiculata</i> (Ruiz / Pa	178	0,05209248	0,00271	-2,9547347	-0,153919455
<i>Acaena elongata</i> L	1	0,00029265	0	-8,13651825	-0,002381188
<i>Acaena elongata</i> L1	2	0,00058531	0	-7,44337107	-0,00435667
<i>Valeriana rigida</i> Kunth	22	0,0064384	0,00004	-5,0454758	-0,032484772
TOTAL	3417		0,88		2,4

mayor porcentaje de similitud (Tabla 9), se determinó entre las parcelas 1-2 con el 100%, al no encontrarse una diferencia heterogénea la cobertura herbácea tiende a hacer más homogénea.

Tabla 8. Índice de similitud Sorensen.

Nº	Nombre Científico	Parcela 1	Parcela 2
1	<i>Eryngium hamile</i> Cav.	X	X
2	<i>Azorella retioides</i> (Spreng.)DC	X	X
3	Indeterminada 1	X	
4	<i>Cotula</i> sp.	X	X
5	<i>Culcitium canescens</i> Bonpl	X	
6	<i>Chaptalia stuebelli</i> Hieron		X
7	<i>Gnaphalium</i>	X	
8	Indeterminada 2		X
9	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	X	
10	<i>Hypochaeris sonchoides</i> Kunth		X
11	<i>Scirpus californius</i>	X	
12	<i>Nephrolepis pectinata</i>	X	
13	<i>Elaphoglossum</i> sp	X	
14	<i>Equisetum bogotense</i>	X	X
15	<i>Vacanium floribundum</i> Kunth	X	X
16	<i>Lupino</i> sp	X	X
17	<i>Trifolium repens</i> L.	X	X
18	<i>Geranium reptans</i> R. Kunth.	X	
19	<i>Geranium difuso</i>	X	
20	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	X	
21	<i>Hyperium laricioides</i>	X	
22	<i>Stachys alliptica</i> Kunth	X	
23	<i>Lycopodium</i>	X	X
24	<i>Plantago rigida</i> Kunth	X	X
25	Indeterminada 3	X	X
26	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Pr	X	
27	<i>Agrotis</i> sp	X	X
28	<i>Lachemilia aphanides</i> Mutis ex L	X	X
29	<i>Lachemilia orbiculata</i> (Ruiz / Pa	X	X
30	<i>Acaena elogata</i> L	X	
31	<i>Acaena elogata</i> L1	X	X
32	<i>Valeriana rigida</i> Kunth	X	X

Elaborado por: Peralta. J, 2017

4. Conclusiones.

El Sector Pampas de Salasaca de la Parroquia Matriz del Cantón Tisaleo presentó una riqueza florística con 32 especies, distribuidas en 17 familias botánicas.

Las especies con mayor valor de importancia fue

Tabla 9. Índice de Sorensen de Familias entre parcelas.

N.	Familia	Parcela 1	Parcela 2
1	APIACEA	X	X
2	ASTERACEA	X	X
3	CYPERACEA	X	X
4	DAVALLIACEAE	X	X
5	DRYOPTERIDACEAE	X	X
6	EQUICETACEA	X	X
7	ERICACEA	X	X
8	FABACEA	X	X
9	GERANIACEA	X	X
10	GUNNERACEAE	X	X
11	HYPERIACEA	X	X
12	LAMINACEAE	X	X
13	LYCOPODIACEA	X	X
14	PLATAGINACEA	X	X
15	POACEA	X	X
16	ROSEACEA	X	X
17	VALERIANEACEA	X	X

Elaborado por: Peralta. J, 2017

Calamagrostis intermedia (J. Presl) Steud. 41,8%, *Plantago rigida* 34,9% *Cotula* sp 24,6%, ya que poseen la densidad y dominancia relativa más alta. Las familias con mayor IVI son: Asterácea que registró el valor más alto de importancia 59,0%, seguido de Rosácea 48,5%, y por último Poácea 47,6%.

Según el índice de Shannon se registró una diversidad alta con un valor calculado de 2,4 y el índice de Simpson nos dio un resultado 0,88 teniendo al igual una alta diversidad.

Según Sorensen las dos parcelas estudiadas fueron medianamente similar, ya que se encuentran a un mismo rango altitudinal.

Referencias

- Morales, A. (2003). Biodiversidad en los páramos. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Exactas.
- Morales, J. & Estévez, J. (2007). El Páramo. Un ecosistema en vía de extinción. Atlas de páramos de Colombia. Revista Lunazul Universidad de Caldas. Obtenido de: http://www.lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=com_content&task=view&id=44&Itemid=44
- Holdrige (1982). Ecología basada en zonas de

vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

4. Grabherr, G.; Gottfried, M. & Pauli, H. (2000). GLORIA: A Global Observation Research Initiative in Alpine Environments. *Mountain Research and Development* 20: 190-191.

5. Rodríguez, M. (2011). Diversidad florística a diferentes altitudes en el Páramo de almohadillas de la comunidad Yatzaputzán, Ambato, Tungurahua, Ecuador. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.

6. Bayas, D. (2015). Diversidad florística a diferente altitud en el ecosistema. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.

7. Caluña, V. (2017). Inventario florístico del bosque nativo "Polylepis", en la Parroquia Pilahuin, cantón Ambato, provincia de Tungurahua. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.

8. Pujos, L. (2013). Diversidad Florística a diferente Altitud en el Ecosistema Páramo en tres comunidades de la Organización de Segundo Grado Unión de Organizaciones del Pueblo Chibuleo. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.

9. Ramírez, G. (2013). Diversidad florística a diferente altitud en el ecosistema. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.

10. Caranqui, J. (2016). Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador. Enfoque UTE.

11. Ordoñez, L. (2002) Índices de valor de importancia interpretaciones, valor de importancia.

ISBN: 978-9942-8697-4-6



9 789942 869746