

EFFECTOS DE LAS TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN FORESTAL SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES LEÑOSAS EN ECOSISTEMAS DE PINARES NATURALES.

N. Valdés-Rodríguez¹; C. Rivera-Calvo²; I. Paneque-Torres³

¹Doctor en Ciencias Forestales. Profesor Auxiliar. Facultad de Montaña, San Andrés, Cp: 24310. Pinar del Río. Cuba. nvaldes@af.upr.edu.cu

²Master en Ciencias. Profesor Asistente. Facultad de Montaña, San Andrés, Cp: 24310. Pinar del Río. Cuba. caryrivera@af.upr.edu.cu

³Ingeniero Forestal. Profesor Asistente. Facultad de Montaña. San Andrés. Cp: 24310. Pinar del Río. Cuba. panuquenque@af.upr.edu.cu

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en parcelas de bosques naturales de pinos, los cuales se aprovecharon por matarrasa y la extracción de los árboles se realizó con diferentes tecnologías: tractores de esteras, tractores de gomas y la tracción animal. Para las tres tecnologías, se eligieron: como medida de comparación, la diversidad biológica; como la riqueza de especies, la diversidad de especies, el número de individuos y de especies, y el índice de uniformidad. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza doble y se concluyó que el empleo de tractores de esteras para la extracción de maderas fue la tecnología de peor comportamiento, con relación a los índices utilizados.

PALABRAS CLAVES: índice de diversidad y de riqueza, número de especies y de individuos, índice de uniformidad.

TECHNOLOGIES'S EFFECTS OF FOREST HAEVEST ON THE DIVERSITY OF WOODY SPECIES IN ECOSYSTEMS OF NATURAL PINEGROVES

SUMMARY

The present work was carried out on parcels of natural forests and later on those same parcels taken advantage by total and extracted common pruning the wooden volumes with the employment of tractors of mats, rubbers and animal traction. In both cases like comparison measures of biological diversity were chosen, as the wealth of species, the diversity of species, the number of individuals, of species and the index of uniformity. Later on she was carried out an analysis of double variance, concluding that the employment of tractors of mats for the wooden extraction, was the technology of worse behaviour with relationship to the used indexes.

KEY WORD: diversity's index, wealth's index, number of species, uniformity's index, technological alternative.

INTRODUCCIÓN

A grandes rasgos, en todo el mundo se tiene una noción del efecto del método de aprovechamiento por matarrasa sobre los ecosistemas forestales, ya sea donde existen rodales naturales o plantaciones y, en especial, sobre los diversos componentes del mismo, como son el suelo, la calidad de las aguas, la fauna, etc. El aprovechamiento de madera se considera la actividad degradadota del bosque; según Hendrison (1996). Las afectaciones están agrupadas fundamentalmente en daños al suelo, a la vegetación, a las aguas, a la atmósfera y a la fauna, entre otros. Los efectos sobre el ecosistema forestal están relacionados con el modo y la intensidad de las operaciones.

Las medidas para la cuantificación de la diversidad biológica (número de individuos, de especies y los índices de riqueza, diversidad y de uniformidad) pueden reflejar cabalmente el estado de un ecosistema en el momento de su medición. Bonet (2002) argumenta que el concepto de diversidad es muy importante, entre otras razones, porque la calidad del medio se puede evaluar según criterios de diversidad y está relacionada directamente con la calidad del paisaje; salvo raras excepciones, la diversidad significa estabilidad del medio.

Por consiguiente, su uso es adecuado para determinar el efecto de las diferentes tecnologías de extracción de los volúmenes de madera talados,

comparando la magnitud de estos indicadores, antes y después del aprovechamiento forestal; éste es el objetivo de la presente investigación.

Según Cándano (1998), estas temáticas han sido poco tratadas en la utilización de las tecnologías para el aprovechamiento de madera en Cuba y, si bien la construcción de nuevas máquinas o la adquisición de ellas es limitada, mucho se puede investigar sobre el empleo de la tecnología existente y perfeccionar los métodos de trabajo para evitar el aumento de los impactos.

Un principio básico de la ordenación sostenible de los bosques tropicales para la producción de madera es obtener un conocimiento completo de la ecología del bosque tropical, con el fin de pronosticar cómo responde un ecosistema forestal a la intervención de la ordenación, especialmente al aprovechamiento de madera (Actualidad Forestal Tropical, 2001).

El impacto, cada vez mayor de las actividades humanas en el medio ambiente hace que la conservación de los recursos naturales, incluida la diversidad biológica, sea una tarea urgente y crucial. La degradación del hábitat es la mayor amenaza (Rosen *et al.* 2000).

Las tecnologías de aprovechamiento de madera provocan daños al suelo, la vegetación, la fauna y el paisaje. De acuerdo con Marcos *et al.* (1990), la magnitud de estos daños depende de las características propias de los rodales a aprovechar, los métodos de trabajo empleados y la intensidad del aprovechamiento.

La extracción de madera por sistema terrestre se denomina arrastre e, independiente de la tecnología utilizada, constituye una de las operaciones de aprovechamiento que mayor impacto negativo provoca sobre el ecosistema forestal. Dentro de los daños más significativos que sufren los ecosistemas forestales durante el proceso de extracción, están los daños causados a los árboles remanentes y a la otra vegetación, los cuales pueden entorpecer la recuperación del bosque y reducir el volumen y el valor de la madera disponible para el aprovechamiento sucesivo (FAO, 1996).

La extracción de madera, puede dar lugar a pérdidas de suelo y nutrientes, mermar el valor del bosque como hábitat y reducir temporalmente su capacidad para retener el carbono (Unasylyva, 1991).

Hamilton (1991); citado por Unasylyva, (1991), plantea que la extracción comercial de madera, como se realiza con frecuencia, no es conveniente, ya que puede eliminar el hábitat natural de muchas especies del

bosque primario, dar lugar a los corrimientos de tierra y a mayor erosión a lo largo de los caminos forestales y en los cargaderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El siguiente estudio se realizó en la Unidad Silvícola San Andrés, perteneciente a la Empresa Forestal Integral La Palma, ubicada en la provincia de Pinar del Río, Cuba, en la zona considerada como "Alturas de Pizarra".

Se evaluaron las siguientes tecnologías para la extracción de la madera: el tractor de goma LKT- 81, el tractor de esteras DT-55 y la tracción animal.

Para la realización de este trabajo, se establecieron 30 parcelas temporales, de 400 m², que permitieron realizar los muestreos correspondientes, y distribuidas en 10 para cada una de las variantes estudiadas.

Se realizó el inventario de las especies leñosas y de los individuos que formaban parte de la vegetación, antes y después de comenzar las labores de aprovechamiento de madera, se tomó nota de los resultados para su posterior procesamiento.

La riqueza de especies se determinó con la siguiente expresión:

$$Dmg = (S - 1) / LnN$$

donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

El índice de diversidad se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum pi \cdot Lnpi \quad pi = \frac{ni}{N}$$

donde:

ni: número total de individuos de la especie.

N: número total de la suma de todos los individuos de todas las especies.

El Índice de uniformidad se determinó con la siguiente expresión:

$$E = H' / LnS$$

donde:

H': corresponde a los valores de diversidad obtenidos.

S: número de especies recolectadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se analizaron cada una de las variables estudiadas, para las dos situaciones (el bosque en estado natural y las parcelas aprovechadas) y para los tres sistemas de extracción diferentes: tractor de esteras DT- 55, tractor de gomas LKT- 81 y la tracción animal. Estas variables se determinaron inmediatamente después de realizada la extracción.

Análisis del número de individuos

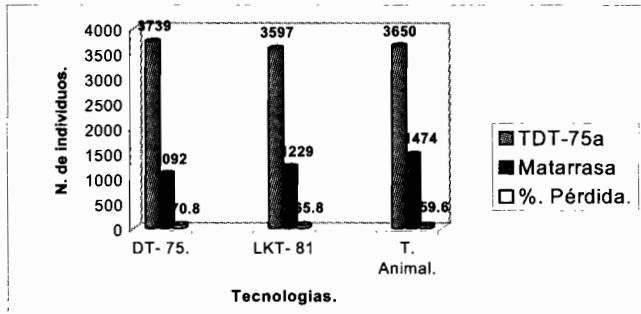


Figura 1. Comportamiento del número de individuos.

El número de individuos para cada una de estas situaciones está comprendido como la suma de todos los individuos inventariados en las 10 parcelas de estudio para cada tecnología. La Figura 1 muestra el comportamiento de este indicador para las parcelas de pinares en estado natural y para las parcelas aprovechadas, así como el porcentaje de pérdida que sufre durante el aprovechamiento.

El número de individuos permite tener una idea de la densidad de una especie dentro de un ecosistema. En el estudio se observa una significativa reducción de este indicador, momentos después de la extracción, incluso para las tres variantes tecnológicas, lo que determina el grado de deterioro sufrido y que puede implicar una mayor debilidad de los ecosistemas aprovechados ante una perturbación, ya sea natural o humana.

Análisis del número de especies

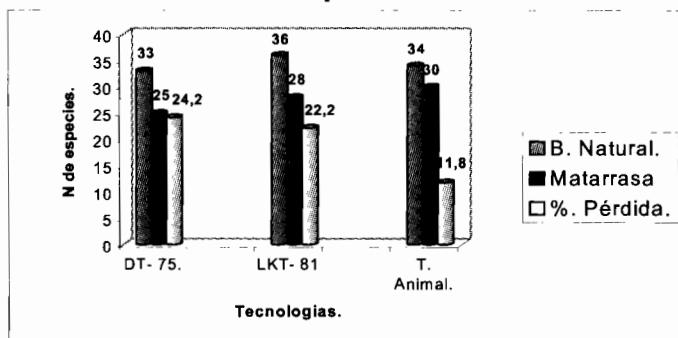


Figura 2. Comportamiento del número de especies.

Este indicador se refiere a la totalidad de especies leñosas inventariadas antes y después del proceso de la tala y extracción de madera por cada una de las diferentes tecnologías. La Figura 2 muestra el comportamiento del total de especies leñosas antes y después de realizado el aprovechamiento, así como el porcentaje de pérdida temporal por cada tecnología empleada.

El número de especies es la medida más frecuentemente utilizada, por varias razones. Primero, la riqueza de especies refleja distintos aspectos de la biodiversidad; segundo, a pesar de que existen muchas aproximaciones para definir el concepto de especie, su significado es ampliamente entendido; tercero, al menos para ciertos grupos, las especies son fácilmente detectables y cuantificables; y cuarto, aunque el conocimiento taxonómico no es completo, existen muchos datos disponibles sobre la existencia de las mismas.

Para las tres tecnologías del estudio, ocurren pérdidas, pero las más importantes se localizan en aquéllas más mecanizadas, a pesar de que la reducción de este indicador no es tan significativa, como en el caso anterior del número de individuos.

Análisis del índice de riqueza

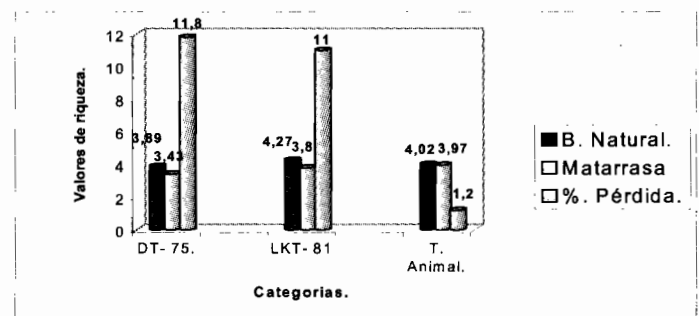


Figura 3. Comportamiento del índice de riqueza de especies.

El índice de riqueza se clasifica dentro de los índices para medir la alta diversidad y, dentro de ésta, la riqueza específica de especies. Este índice transforma el número de especies por muestra en una proporción en la cual las especies se añaden por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1988).

Este índice se refiere a la relación existente entre el número de especies presentes en una muestra y el número total de individuos que se cuantifican en la misma. La Figura 3 muestra su comportamiento para cada una de las situaciones, además del porcentaje de pérdida que sufre durante el aprovechamiento.

Se toma como referencia el cálculo del índice, al cuantificarse las especies y el total de individuos del compendio de la muestra; los valores obtenidos para todos los casos son relativamente altos y los niveles de reducción del indicador son aceptablemente pequeños para el nivel de afectación que han sufrido los ecosistemas estudiados.

Análisis del índice de diversidad

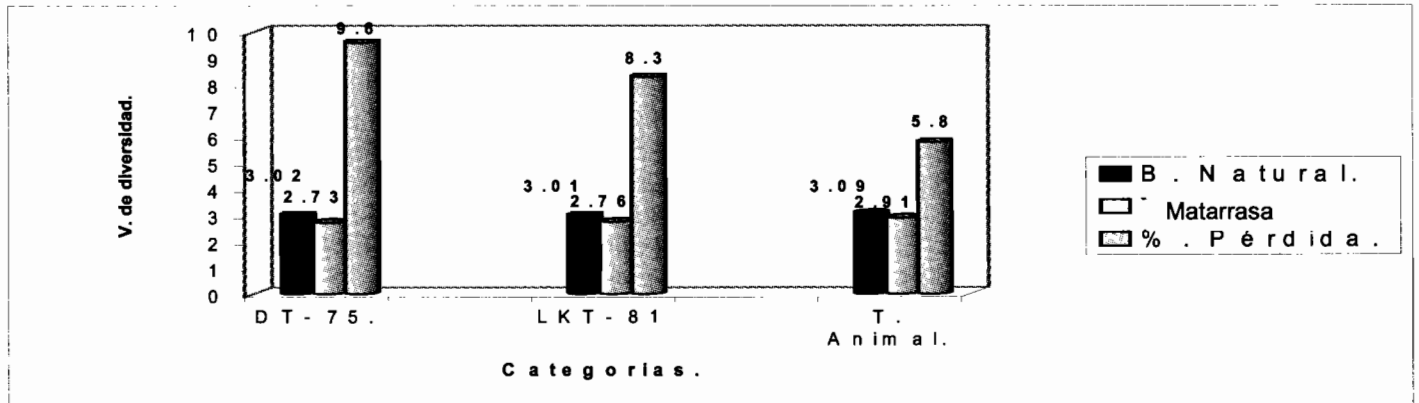


Figura 4. Comportamiento del índice de diversidad de especies.

La diversidad es una expresión de la estructura que resulta de las formas de interacción entre elementos de un sistema. Si S es el número de especies y N el de individuos, una expresión tan simple como $(S-1)/\ln N$, que expresa el número de especies en función del logaritmo de la extensión de la muestra, puede usarse como índice de diversidad y refleja bien los atributos de la misma, tanto en el número total de especies como en la relación entre el número de individuos respectivos (Margalef, 1995).

En la Figura 4 se observan los valores de esta variable, antes y después de realizado el aprovechamiento, además de su correspondiente porcentaje de pérdida.

Según algunos autores (Magurran, 1989 y Bonet, 2002), se puede considerar una alta diversidad para las comunidades cuyos valores estén por encima de 2, lo que se demuestra en el estudio, que a pesar del nivel de afectación sufrido, este indicador se mantiene en niveles aceptables, ya que para las tres tecnologías los valores están por encima del valor prefijado.

Análisis del índice de uniformidad

El índice de uniformidad proporciona una idea del grado de perturbación (ya sea natural o humana) sufrida por el ecosistema en un momento determinado. En el Cuadro 1 aparecen referenciados los valores de este indicador y los porcentajes de pérdidas para las situaciones del estudio.

Este indicador relaciona el número total de individuos de una especie con la suma total de todos los individuos de todas las especies y el logaritmo neperiano de este valor.

CUADRO 1. Valores obtenidos para el índice de uniformidad.

Tecnologías	B. natural	Matarrasa	% Pérdida
Tractor	0.86	0.83	3.49
TDT- 55 A.			
Tractor	0.83	0.82	1.15
LKT- 81			
Tracción animal	0.87	0.86	1.15

Varios autores plantean que el valor máximo de este índice debe ser 1 y, que los valores promedios que oscilen por encima de 0.50 hasta este límite, se pueden considerar como un buen grado de uniformidad.

Los valores obtenidos para el indicador en el pinar natural y su matarrasa muestran, que existe un gran traumatismo en los ecosistemas estudiados, lo que induce a pensar, que el momento de la tala es un buen momento para apreciar el grado de desequilibrio y que el mismo puede y debe manifestarse en la medida en que se avance en el establecimiento de la plantación forestal o la regeneración natural.

Análisis estadístico de los efectos de las tecnologías sobre las especies leñosas

Para el análisis del efecto de las tres tecnologías estudiadas sobre las especies leñosas, en relación con las variables que se toman como indicadores, se realiza un análisis de covarianza, con el objetivo de determinar

la influencia de cada una de las variantes tecnológicas sobre las diferentes variables e indicadores que se toman como referencia.

El resultado del análisis de la variable índice de diversidad, (Cuadro 2) calculada y analizada para las tres tecnologías, da un valor de 0.014, muy inferior al 5.05 que alcanza la F para el factor tecnología. Esto indica la diferencia altamente significativa que existe para las tres tecnologías, independientemente de que las mismas pueden afectar en mayor o menor grado.

Este análisis de varianza doble busca eliminar la diferencia de valores para las tres situaciones de pinares naturales y comenzar a analizar las diferencias para las tres variantes, sobre bases semejantes, que impidan introducir errores por este concepto a la hora de marcar las diferencias, para cada una de las valoraciones, tomándose como referencia en todos los casos 5% de error permisible.

CUADRO 2. Resultado de la covarianza para la variable índice de diversidad

Variable dependiente. Índice diversidad					
Fuente	S. Cuadrados	df	C. de la media	F	Significación
M. corregido	416	3	139	15.267	.000
Intercepto	3.100E-03	1	3.100E-03	342	.564
I. Diversidad	219	1	219	24.153	.000
Tecnología	9.164E-02	2	4.582E-02	5.050	.014
Error	326	26	9.074E-03		
Total	202.257	30			

CUADRO 3. Resultados de la covarianza para la variable número de especies.

Variable dependiente. Número de especies					
Fuente	S. Cuadrados	df	C. de la media	F	Significación
M. corregido	135.78	3	45.059	14.714	.000
Intercepto	2.139	1	2.139	.699	.411
I. Diversidad	90.578	1	90.578	29.577	.000
Tecnología	49.191	2	24.596	8.032	.002
Error	79.622	26	3.062		
Total	11274.00	30			

Cuando se analiza la variable dependiente número de especies (Cuadro 3), el valor obtenido para el factor tecnología es de 0.002, significativamente inferior a 8.032 que obtiene la F para este mismo factor, donde queda demostrada la diferencia altamente significativa entre las tres tecnologías estudiadas.

El análisis muestra que existen diferencias significativas para las tres tecnologías, cuando se compara la variable índice de riqueza (Cuadro 4), ya que se obtiene un valor de 0.029, contra 4.057 que obtiene la F para el factor tecnología.

CUADRO 4. Resultados de la covarianza para la variable índice de riqueza.

Variable dependiente. Índice de riqueza

Fuente	S. Cuadrados	df	C. de la media	F	Significación
M. corregido	3.056	3	1.019	8.988	.000
Intercepto	.261	1	.261	2.306	.141
I. Diversidad	2.217	1	2.217	19.563	.000
Tecnología	.920	2	.460	4.057	.029
Error	2.947	26	.113		
Total	434.277	30			

CUADRO 5. Resultados de la covarianza para la variable número de individuos.

Variable dependiente. Número de individuos

Fuente	S. Cuadrados	df	C. de la media	F	Significación
M. corregido	33576.224	3	11192.075	40.442	.000
Intercepto	971.213	1	971.213	3.509	.072
I. Diversidad	26085.624	1	26085.624	94.260	.000
Tecnología	8817.846	2	4408.923	15.932	.000
Error	7195.276	26	276.741		
Total	520839.00	30			

Al analizar la variable dependiente número de individuos (Cuadro 5), para el factor tecnología, se aprecia una diferencia altamente significativa, el valor obtenido es cero, contra 15.932 que se presenta para su F. Se denota, con esto, la gran afectación que tiene este indicador durante las labores de aprovechamiento forestal.

La última variable dependiente analizada fue el índice de uniformidad (Cuadro 6), que al analizarse para el factor tecnología, el valor obtenido fue de 0.590, superior al valor de su F, que fue de 0.539.

CUADRO 6. Resultados de la covarianza para la variable índice de uniformidad.

Variable dependiente. Número de individuos

Fuente	S. Cuadrados	df	C. de la media	F	Significación
M. corregido	33576.224	3	11192.075	40.442	.000
Intercepto	971.213	1	971.213	3.509	.072
I. Diversidad	26085.624	1	26085.624	94.260	.000
Tecnología	8817.846	2	4408.923	15.932	.000
Error	7195.276	26	276.741		
Total	520839.00	30			

Estos resultados demuestran que no existen diferencias significativas entre las tres tecnologías empleadas, cuando esta variable se fija como independiente; este es el único caso, con excepción de los cuatro restantes, que si marcan diferencias significativas para cada una de las confrontaciones realizadas.

CONCLUSIONES

De las variables que se utilizaron, la de peor comportamiento fue la del número de individuos, donde las pérdidas para todos los casos son significativas y el valor obtenido en el análisis de covarianza muestra una diferencia altamente significativa para las tres tecnologías.

La variable número de especies se afecta significativamente para las tres tecnologías, lo que constituye una afectación temporal al equilibrio de los ecosistemas estudiados.

Los valores obtenidos para la variable índice de uniformidad, muestran ecosistemas fuertemente perturbados, antes de las labores de aprovechamiento de la madera y después de realizadas las mismas.

La variante tecnológica de peor comportamiento es la que utiliza el tractor de esteras DT- 75a, al mostrar porcentajes elevados de pérdidas para cada uno de las variables analizadas.

El uso de la tracción animal, como fuente energética alternativa, mostró un mejor comportamiento en la reducción temporal de todos los índices estudiados; desde este, punto de vista es la más compatible y armónica con los ecosistemas forestales aprovechados.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al personal técnico de la Unidad Silvícola San Andrés, perteneciente a la Empresa Forestal Integral la Palma, de Pinar del Río, Cuba, por sus atenciones y su contribución en el desarrollo del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Actualidad Forestal Tropical. OIMT. 2001. La extracción de impacto reducido. Volumen 10. (4): 7-16.
- Bonet, A. 2002. Gestión de espacios protegidos. Materiales Docentes. Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. España. 261 pp.
- Cándano, F. 1998. Propuesta para el perfeccionamiento de la tecnología de aprovechamiento de madera en rodales de *Pinus caribaea* en la provincia de Pinar del Río. Tesis de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- FAO, 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal. Roma, Italia. 85 pp
- Henderson, J. 1996. Dagme- controled logging in managed tropical rain forest in Suriname. Agricultural University Wageningen. The Netherlands. 204 pp.
- Magurran, A. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones VEDRA. Barcelona, España. 200 pp.
- Margalef. R. 1995. Ecología. Omega, Barcelona, España. 320 pp.
- Marcos. J. *et al.* 1990. Design of exprest system to determine the meted of forest harvesting. 24 Conferencia Internacional de Mecanización Agraria. Madrid. España. 6 pp.
- Unasylya, 1991. Sostenimiento de los bosques tropicales mediante sistemas de explotación ecológicamente adecuados. 43. (2)12-17.
- Rosen C. *et al.* 2000. Guide to world resources 2000- 2001: people and ecosystems: the frayinh web of life. D. C., WRI.