



Prácticas de manejo en el secado natural de la biomasa forestal proveniente de pinares en el Litoral

*"Avances en manejo y producción de biomasa para energía".
1ª Jornada de Biomasa en el Litoral. Paysandú, 25 de julio de 2014.*



Consultor:

José A. Casado Alcaide.
Novalis Consultoría y Comercio S.L.



Prácticas de manejo en el secado natural de la biomasa forestal proveniente de pinares en el Litoral



Contenidos

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

Objetivos

Identificar las mejores prácticas de manejo en el secado natural de la biomasa forestal proveniente de pinares que permita el consumo eficiente de astillas de calidad en la planta de energía de LIDERDAT S.A.

1. Objetivos.

2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

Objetivos Específicos:

1. Formatos de biomasa.
2. Modelo de Evaluación de Existencias.
3. Curvas de Secado.

Actividades:

1. Identificación pinar objetivo.
2. Inventario forestal.
3. Evaluación de fracciones.
4. Ensayo de formatos de biomasa.
5. Campaña de toma de muestras de humedad.
6. Conclusiones.



La Humedad de la biomasa forestal

¿Por qué su manejo es tan importante?

...en primer lugar porque es posible, y porque determina en gran medida su **DENSIDAD ENERGÉTICA**.

Combustible	Humedad, %	Densidad, g/cm ³	Calor de combustión	
			MED*, kJ/g	VED**, kJ/cm ³
Biomasa	50	1,00	9,2	9,2
	10	0,60	18,6	11,2
Biomasa densificada	10	1,00	18,6	18,6
	10	1,25	18,6	26,1
Carbón de leña	0	0,25	31,8	8,0
Metanol	0	0,79	20,1	15,9
Gasolina	0	0,70	44,3	30,9

*MED: Densidad energética en peso.
**VED: Densidad energética en volumen.



- Objetivos.
- La humedad de la biomasa forestal.**
- Formatos de aprovechamiento.
- Diseño experimental.
- Modelo de Evaluación de Existencias.
- Curvas de Secado natural.
- Identificación de pautas de manejo.
- Conclusiones.

Formatos de aprovechamiento

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.



Rolo con corteza

Formatos de aprovechamiento



09 12 2013 12

Rolo sin corteza

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

Formatos de aprovechamiento

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.



Árbol entero sobre el terreno

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.



Árbol entero en pilas



Rameros

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

Selección de parcela experimental

1. Identificar y caracterizar un modelo estándar de plantación forestal de *Pinus* sp., susceptible de suministrar biomasa en el área potencial de abastecimiento de LIDERDAT.
2. Se seleccionó una parcela de 1,37 ha de *Pinus elliottii* en la finca San Francisco II, propiedad de UPM Forestal Oriental en Paysandú.



1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. **Diseño experimental.**
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

Diseño experimental



1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. **Diseño experimental.**
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

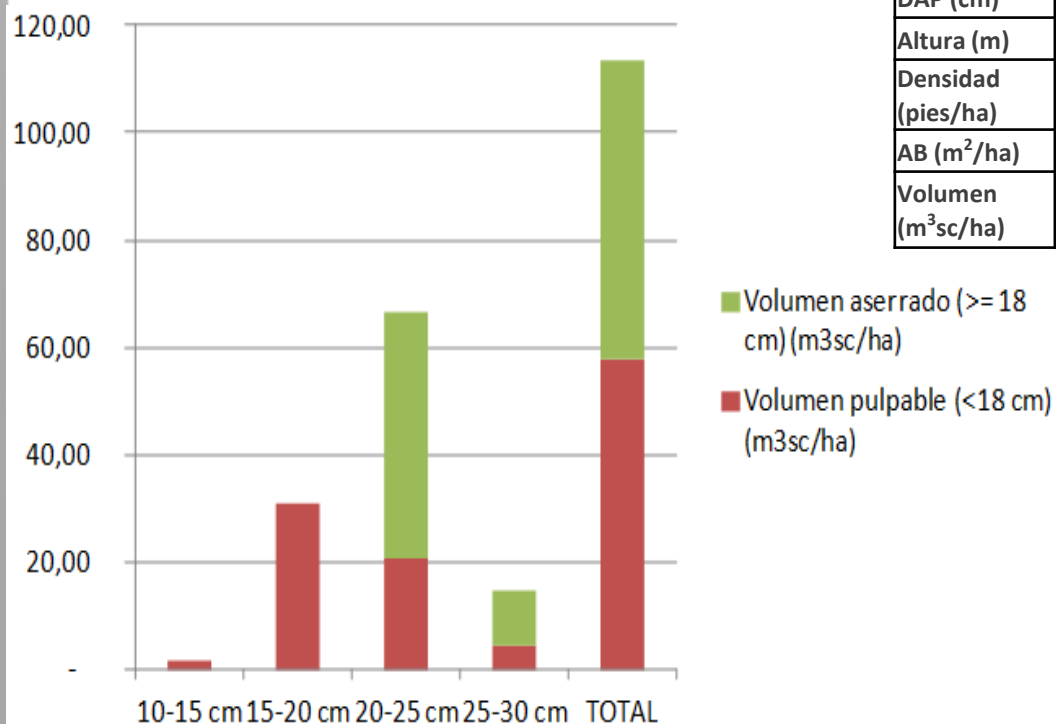


Predio San Francisco II (Paysandú) (UPM Forestal Oriental)

Inventario Forestal

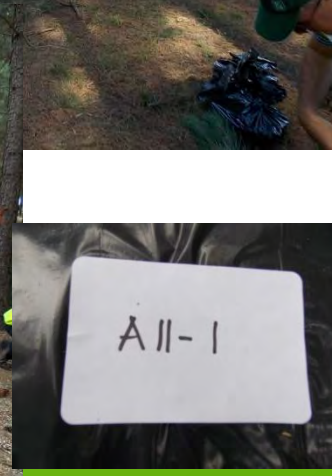
Clase diamétrica	Densidad (pies/ha)	Altura media (m)	Volumen (m ³ sc/ha)	% volumen	AB (m ² /ha)	% AB
10-15 cm	27	10,35	1,5	1,3%	0,3	1,5%
15-20 cm	234	12,33	30,8	27,1%	6,2	27,2%
20-25 cm	341	12,94	66,7	58,8%	13,0	57,4%
25-30 cm	60	13,71	14,6	12,8%	3,2	13,9%
TOTAL	662		113,5	100,0%	22,7	100,0%

Errores de muestreo		
	ε	ε%
DAP (cm)	0,62	3,00%
Altura (m)	0,2	1,60%
Densidad (pies/ha)	39,32	5,94%
AB (m ² /ha)	1,61	7,11%
Volumen (m ³ sc/ha)	11,91	10,49%



- Objetivos.
- La humedad de la biomasa forestal.
- Formatos de aprovechamiento.
- Diseño experimental.**
- Modelo de Evaluación de Existencias.
- Curvas de Secado natural.
- Identificación de pautas de manejo.
- Conclusiones.

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. **Diseño experimental.**
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.



Diseño experimental

Árboles Modelo y fracciones de biomasa

Clase diamétrica	PIE	DAP (cm)	H (m)	Copa		Fuste		Peso Total (Kg)	Humedad promedio (%)
				Peso copa (Kg)	Humedad (%)	Peso fuste (Kg)	Humedad (%)		
10-15cm	A5	11,7	11,0	15,50	58,58%	46,30	55,06%	61,80	55,94%
15-20cm	A2	17,3	12,1	57,70	61,80%	124,20	56,13%	181,90	57,93%
	A4	17,6	13,3	57,70	55,94%	131,60	56,56%	189,30	56,37%
20-25cm	A8	22,2	13,9	93,40	58,81%	227,00	59,41%	320,40	59,23%
	A3	22,5	11,3	85,30	61,89%	188,30	60,12%	273,60	60,67%
	A12	22,5	13,7	144,90	57,58%	229,80	56,83%	374,70	57,12%
	A1	22,6	12,6	109,50	61,64%	200,90	60,47%	310,40	60,88%
	A6	22,6	13,4	133,20	62,28%	200,80	55,24%	334,00	58,05%
	A9	22,7	13,2	126,60	59,50%	233,20	55,15%	359,80	56,68%
25-30cm	A11	25,8	13,2	169,40	53,13%	286,60	56,59%	456,00	55,30%
	A10	26,0	14,3	147,10	59,60%	275,80	55,26%	422,90	56,77%
	A7	26,2	13,7	157,90	58,88%	296,70	59,92%	454,60	59,56%
PROMEDIO				108,18	58,89%	203,43	57,42%		57,93%
% RELATIVO EN PESO				34,72%		65,28%		100%	

- Objetivos.
- La humedad de la biomasa forestal.
- Formatos de aprovechamiento.
- Diseño experimental.**
- Modelo de Evaluación de Existencias.
- Curvas de Secado natural.
- Identificación de pautas de manejo.
- Conclusiones.

Diseño experimental

Campaña sistemática de muestras y medición de humedades

Mes	Frecuencia	Árbol entero sobre el terreno		Árbol entero apilado		Rolo con corteza		Rolo sin corteza		Rameros	Total de muestras
		Árboles	Discos/árbol	Árboles	Discos/árbol	Árboles	Discos/árbol	Árboles	Discos/árbol		
1	Semanal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Semanal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Semanal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Semanal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
2	Semanal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Semanal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Semanal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Semanal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
3	Quincenal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Quincenal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
4	Quincenal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Quincenal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
5	Quincenal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Quincenal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
6	Quincenal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	Quincenal	3	3	3	3	3	2	3	3	2	35
	TOTALES										560

La determinación de la humedad se realizó en el laboratorio de Azucarera del Litoral S.A. (AZUCARLITO) en Paysandú (Norma UNIT 1181:2009 y UNIT 1182:2009).

- Objetivos.
- La humedad de la biomasa forestal.
- Formatos de aprovechamiento.
- Diseño experimental.**
- Modelo de Evaluación de Existencias.
- Curvas de Secado natural.
- Identificación de pautas de manejo.
- Conclusiones.

Diseño experimental

Campaña sistemática de muestras y medición de humedades

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. **Diseño experimental.**
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

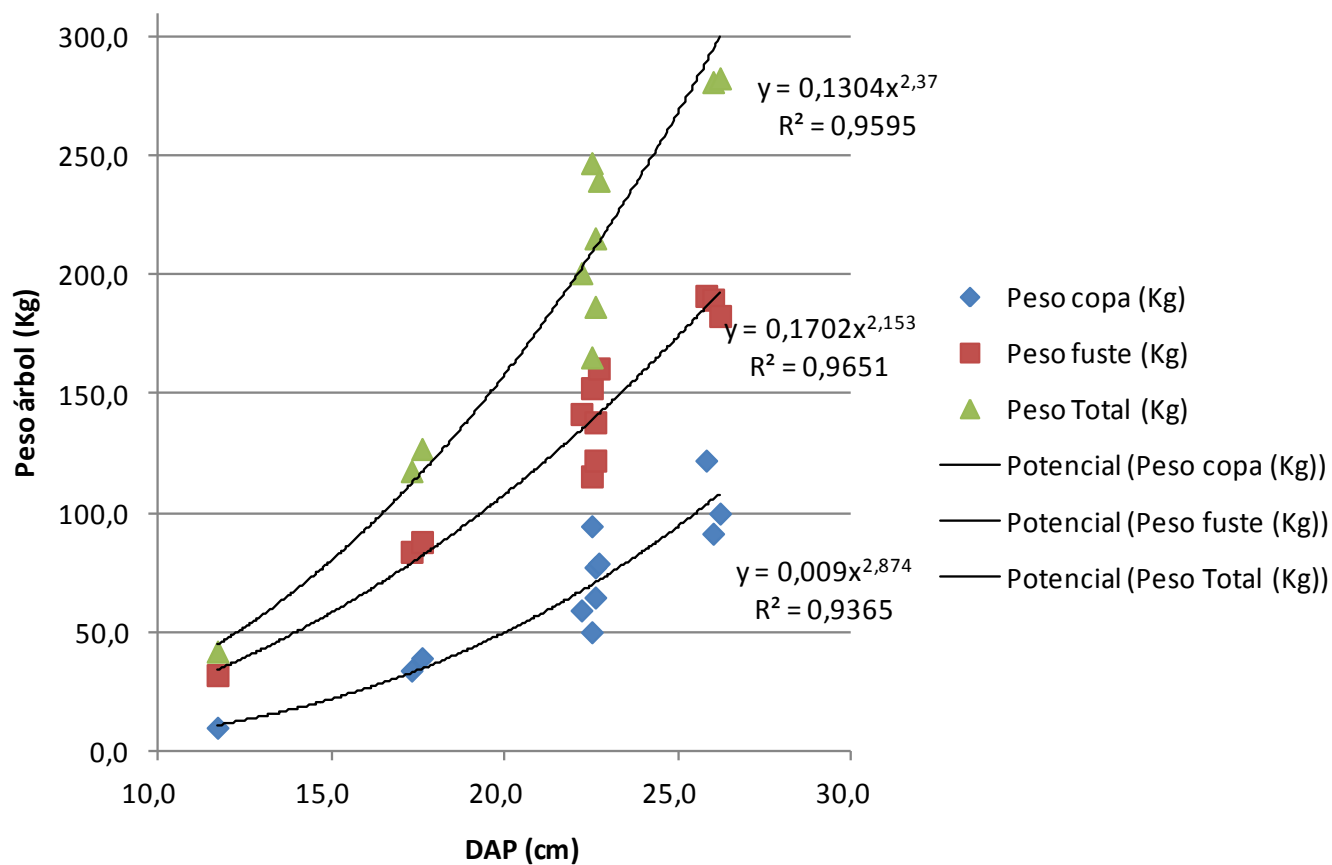


Modelo de Evaluación de Existencias

Modelo de ajuste potencial



Ecuaciones de biomasa normalizada al 35% humedad



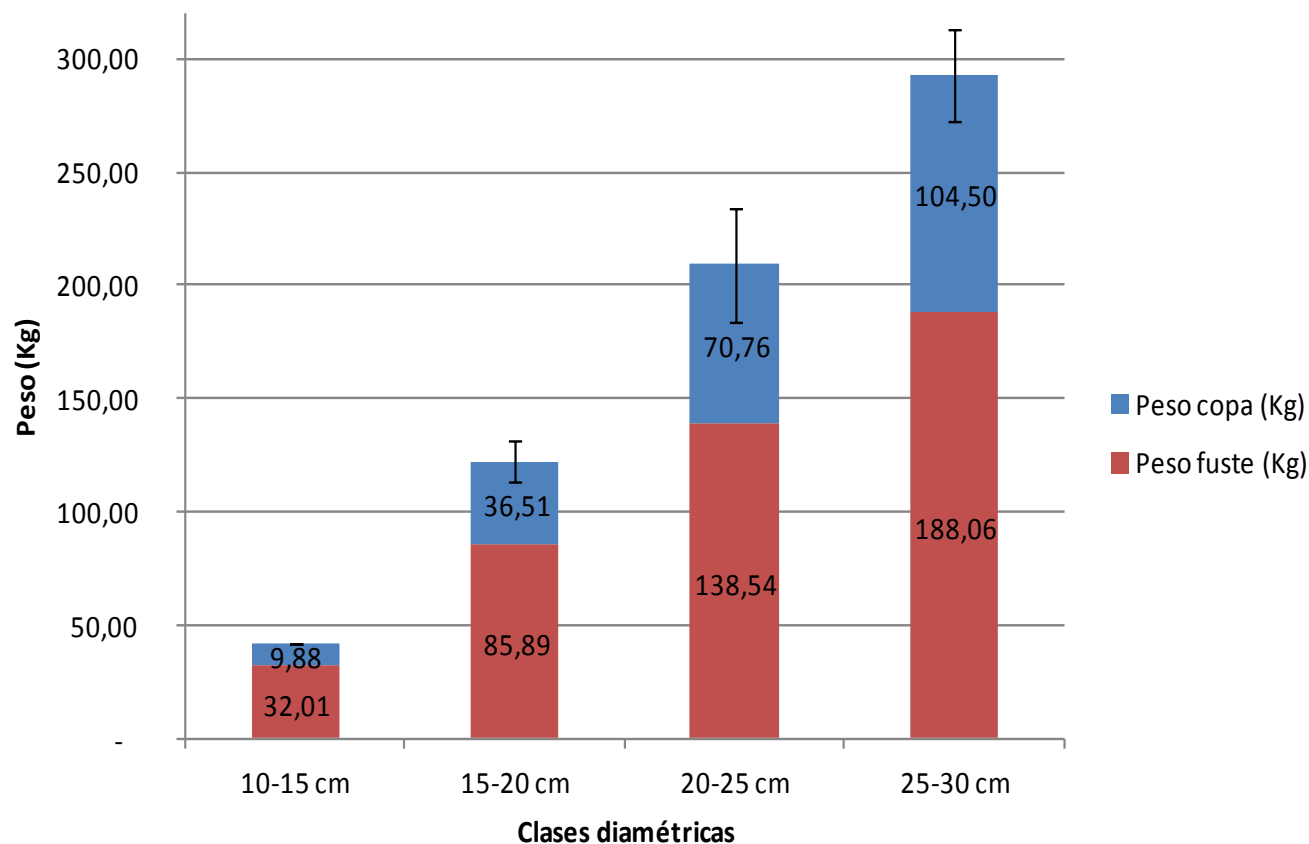
1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

Modelo de Evaluación de Existencias

Modelo tabulado



Modelo Tabulado de biomasa para *Pinus elliottii* normalizado a 35%h



1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

Curvas de Secado natural



	%H verde media	%ε
Árbol completo	57,23%	2,60%
Rolo con corteza	57,23%	2,60%
Rolo sin corteza	58,41%	-
Rameros	59,13%	2,59%

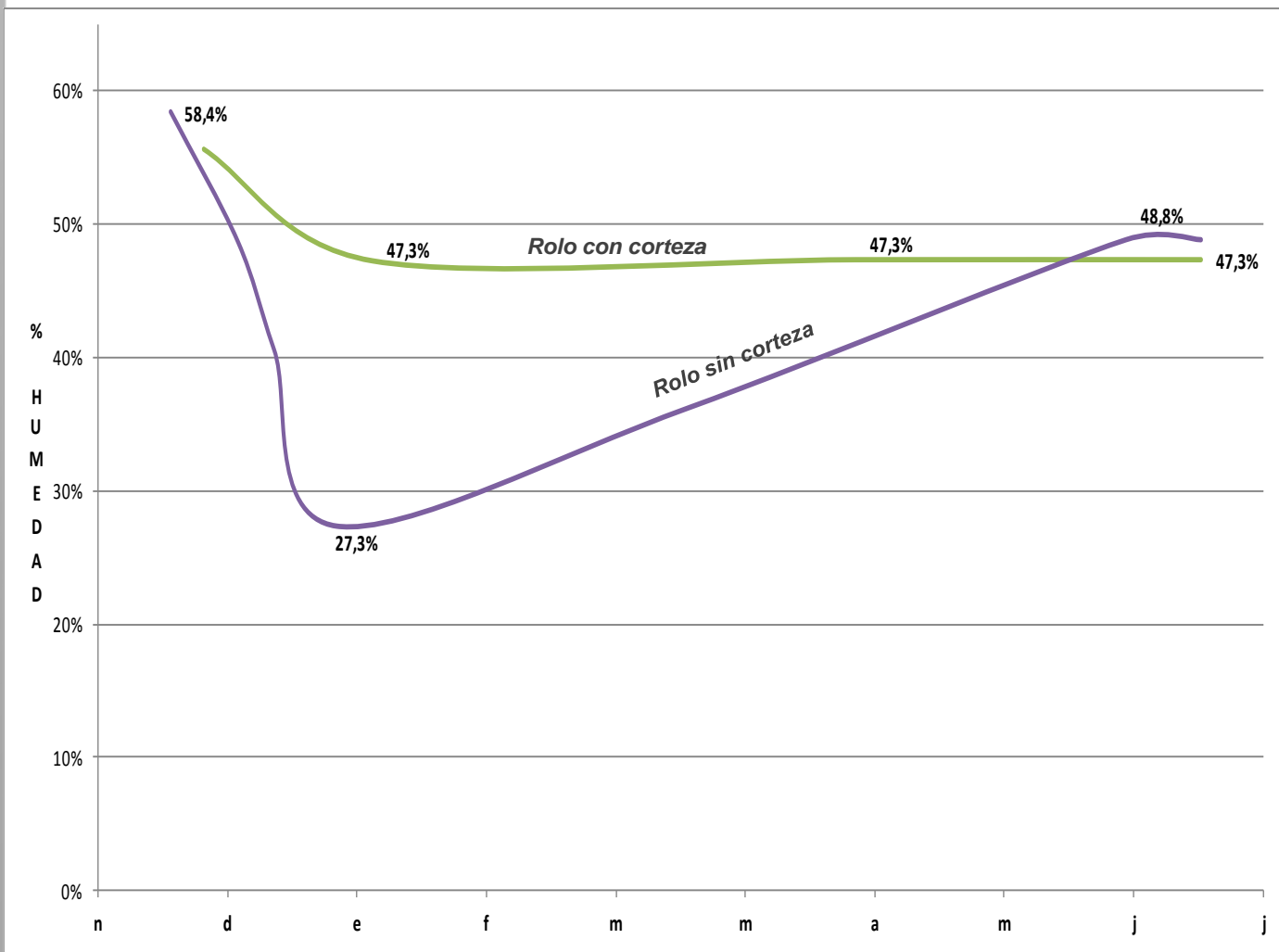
	Árbol entero sobre el terreno	Árbol entero apilado	Rolo con corteza	Rolo sin corteza	Rameros
MÁX.	57,23%	57,23%	57,23%	58,41%	59,13%
MÍN.	15,63%	18,57%	42,25%	27,21%	8,33%
RANGO	41,60%	38,66%	14,97%	31,20%	50,80%
DESVIACIÓN	16,19%	13,55%	2,01%	10,59%	24,59%
Media %ε	13,25%	18,51%	7,78%	14,06%	13,81%
Nº %ε >20%	3	7	-	1	2



- Objetivos.
- La humedad de la biomasa forestal.
- Formatos de aprovechamiento.
- Diseño experimental.
- Modelo de Evaluación de Existencias.
- Curvas de Secado natural.**
- Identificación de pautas de manejo.
- Conclusiones.

Curvas de Secado natural (reducida)

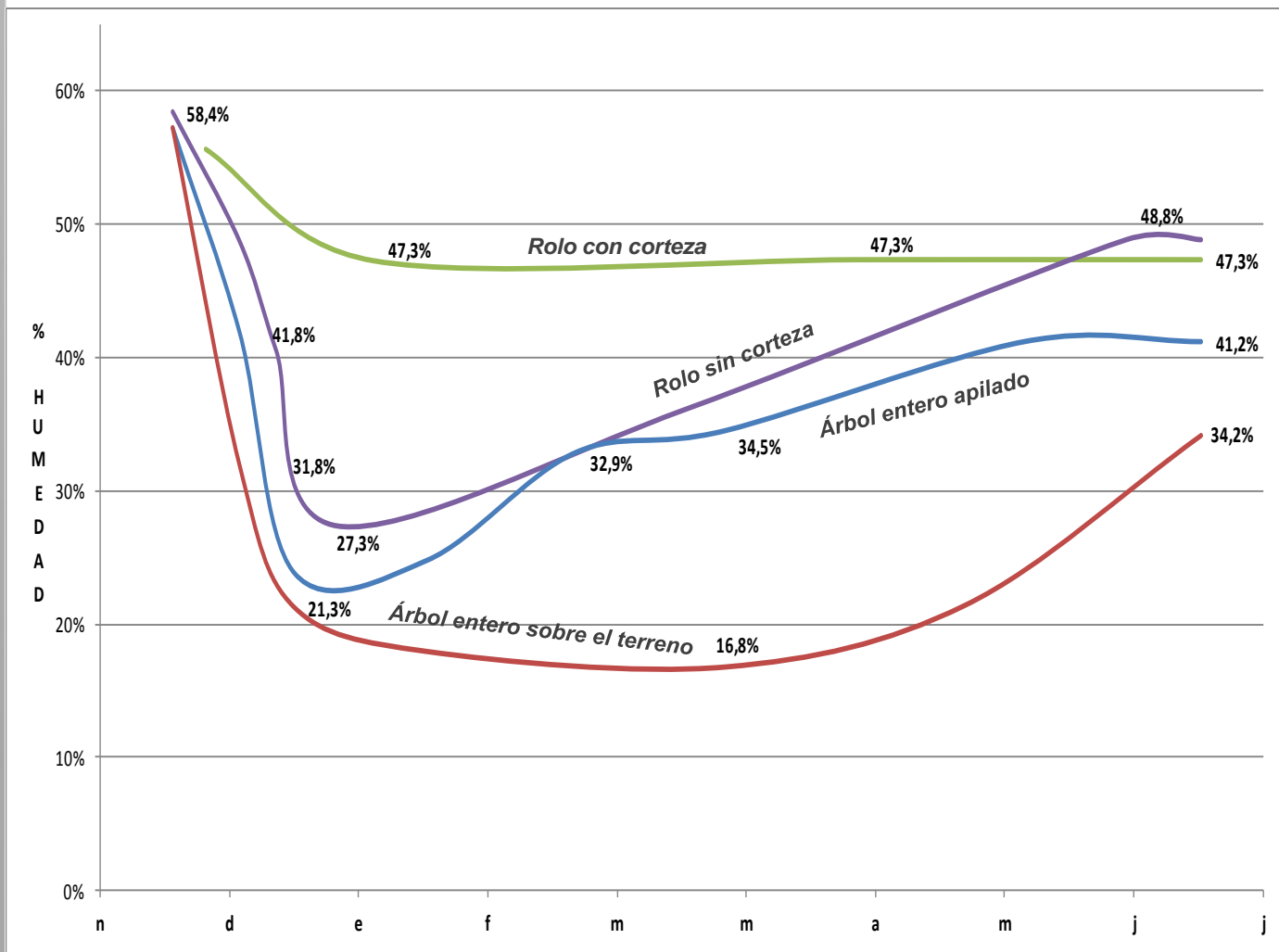
1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.



NOTA*: En esta curva se representan con mayor peso los valores con significación estadística para un nivel de probabilidad del 95%.

Curvas de Secado natural (reducida)

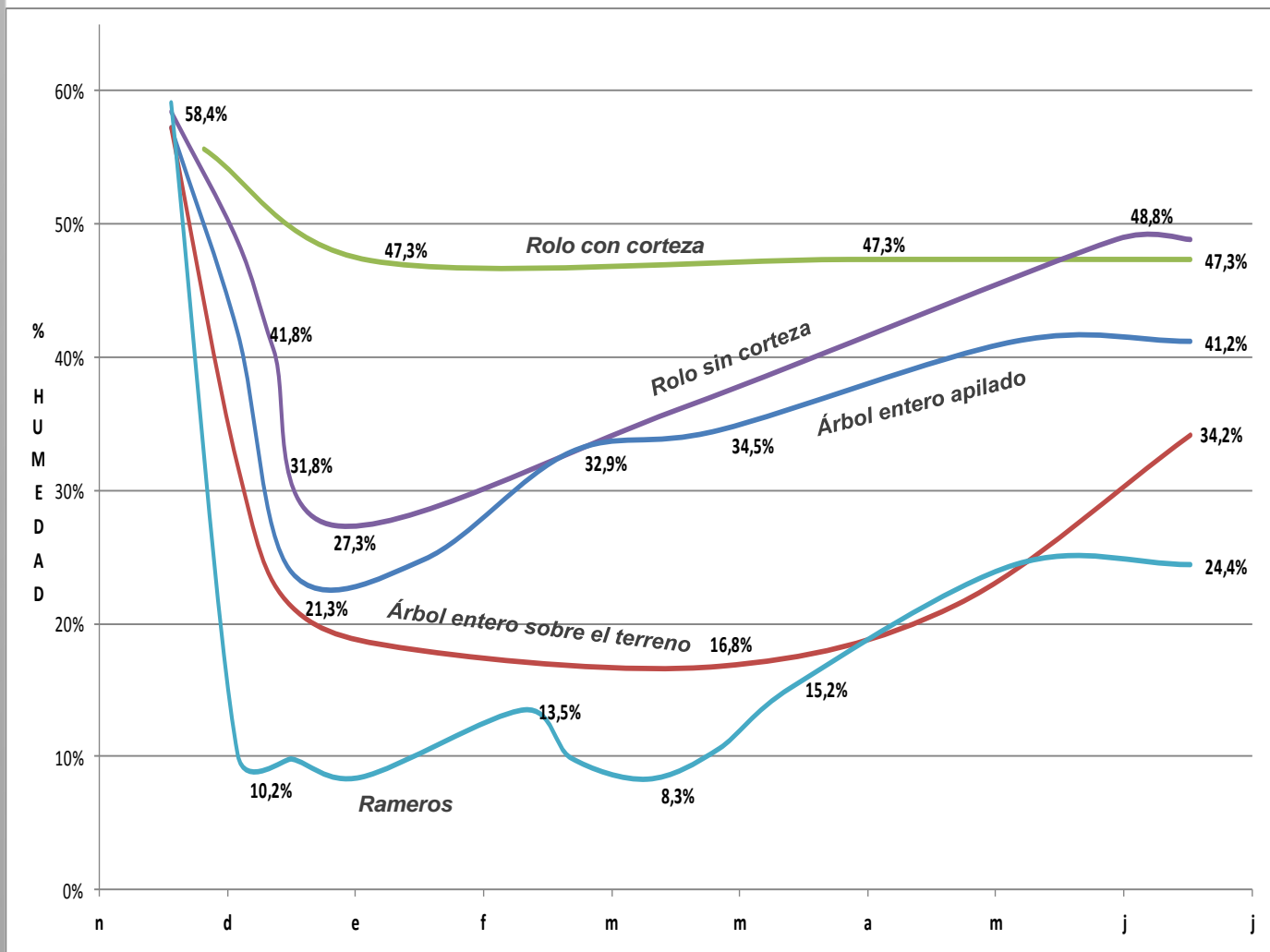
1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.



NOTA*: En esta curva se representan con mayor peso los valores con significación estadística para un nivel de probabilidad del 95%.

Curvas de Secado natural (reducida)

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.



NOTA*: En esta curva se representan con mayor peso los valores con significación estadística para un nivel de probabilidad del 95%.

El efecto del clima

Fecha toma muestras	Periodos de secado	Nº días	ET media diaria (mm/día)	Precipitación media diaria (mm/día)	Media T Máx (°C)	Media %H relativa
19/12/13	1	11	7,5	0,4	25,9	54,8%
26/12/13	2	7	7,6	0,0	29,3	49,7%
02/01/14	3	7	6,1	2,2	28,3	68,5%
12/01/14	4	9	6,8	1,4	24,8	59,0%
13/02/14	5	32	5,1	5,5	25,8	73,7%
22/02/14	6	9	5,1	4,0	23,1	76,3%
09/03/14	7	15	5,1	2,3	21,0	74,6%
23/03/14	8	14	4,3	2,3	19,2	72,9%
06/04/14	9	14	4,8	2,3	21,7	80,6%
20/04/14	10	14	6,3	19,1	17,6	76,1%
10/05/14	11	20	5,4	0,2	17,1	80,2%
25/05/14	12	15	3,4	11,1	13,9	84,5%
23/06/14	13	14	3,6	2,2	11,9	78,7%

		Nº días	ET media diaria (mm/día)	Precipitación media diaria (mm/día)	Media T Máx (°C)	Media %H relativa
VERANO	19/12/13	104	6,0	2,3	24,7	66,2%
	23/03/14					
OTOÑO	23/03/14	77	4,7	7,0	16,5	80,0%
	23/06/14					

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

Identificación de pautas de manejo



1. El orden de prelación de pérdida de humedad de los formatos es el siguiente:

	Intensidad del secado natural
Rameros	Muy alto
Árbol entero sobre el terreno	Muy alto
Árbol entero apilado	Alto
Rolo sin corteza	Moderado-bajo
Rolo con corteza	Bajo

3. La humedad alcanzable mediante el oreo natural en verano de los diferentes formatos es la siguiente:

	%H media
Rameros	≈10%
Árbol entero sobre el terreno	<30%
Árbol entero apilado	<35%
Rolo sin corteza	≈40%
Rolo con corteza	≈50%

3. En las condiciones climáticas del verano en el Litoral los procesos de desecación son activos, sin embargo reducen sensiblemente su intensidad en el otoño.

4. En verano, el periodo mínimo requerido para conseguir una buena acción para el oreo es de unos dos meses.

5. La ET muestra ser una buena variable climática indicadora de las condiciones de secado.

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

1. Objetivos.
2. La humedad de la biomasa forestal.
3. Formatos de aprovechamiento.
4. Diseño experimental.
5. Modelo de Evaluación de Existencias.
6. Curvas de Secado natural.
7. Identificación de pautas de manejo.
8. Conclusiones.

1. La humedad verde de la biomasa se sitúa ligeramente por debajo del 60%.
2. La fracción copa constituye el 35% de la biomasa verde total presente en la plantación forestal de *Pinus elliottii* estudiada.
3. Es posible ajustar modelos de predicción capaces de estimar las existencias de biomasa con un error aceptable e inferior al 20%.
4. Los diferentes formatos ensayados han mostrado un comportamiento muy diferenciado con respecto a la pérdida consistente de su humedad durante la experiencia.
5. Los formatos que se muestran más adecuados para conseguir el secado natural de la biomasa son los correspondientes a los árboles enteros.
6. Trabajando con el formato de árboles enteros es posible reducir la humedad de la biomasa por debajo del 30-35% en periodos cortos de tiempo en la época adecuada.
7. Las épocas más adecuadas para promover el secado natural de la biomasa es la primavera y el verano, pudiéndose contemplar la primera parte del otoño para terminar el proceso si fuese necesario.

Muchas gracias por su amable atención



"Avances en manejo y producción de biomasa para energía".

1ª Jornada de Biomasa en el Litoral. Paysandú, 25 de julio de 2014.