

Capítulo 4

Caracterización y clasificación de los residuos silvoagropecuarios

Linda Sánchez P.

Ingeniera Agrónoma
INIA La Platina

Fabiola Sepúlveda S.

Ingeniera Agrónoma
INIA La Platina

Los residuos silvoagropecuarios son biomasa vegetal, es decir, la energía solar convertida en materia orgánica a través del proceso de la fotosíntesis realizado por las plantas. La cantidad de tejido biomásico que una planta produce depende principalmente de la cantidad de energía solar que la planta recibe y que puede almacenar en forma de carbohidratos. Sin embargo, solo un 0,1% de la radiación solar recibida es capturada por las plantas, esto es, por la baja eficiencia de conversión energética del proceso fotosintético.

Esencialmente la fotosíntesis convierte dióxido de carbono, capturado de la atmósfera y fija el agua proveniente del suelo o del medio ambiente, transformándolos en carbohidratos que constituyen la masa de los tejidos vegetales (biomasa) y por ende contienen una proporción de la energía solar atrapada en sus enlaces químicos.

Por otra parte, la generación de biomasa que una planta puede efectuar por unidad de superficie y en un instante de tiempo dado constituye una medida de su productividad o velocidad de síntesis de biomasa. Según esto existen plantas capaces de producir mayor cantidad de biomasa que otras dadas las mismas condiciones ambientales de radiación solar, intensidad lumínica, agua, CO₂ y nutrientes.

De la biomasa se puede conseguir energía útil ya sea usándola directamente como combustible o bien a través de su transformación. Es posible utilizar como fuente de biomasa los llamados cultivos energéticos, es decir plantas destinadas exclusivamente a producir energía; o bien utilizar como fuente de biomasa los residuos.

Es factible transformar la biomasa a través de los métodos termoquímicos como la combustión, la quema y los métodos biológicos como la fermentación alcohólica y la fermentación metánica.

Desde el punto de vista práctico la agricultura y la silvicultura entonces fundamentan su rol en la producción de biomasa por parte de los vegetales para múltiples fines de alimentación humana, alimentación animal, producción de bienes de consumo de tipo artesanal o industrial y liberación de energía aprovechable.

Los órganos de consumo de un cultivo agrícola son fuente energética y alimentaria aprovechable, proveniente de la biomasa vegetal, mientras que los desechos generados por tales cultivos conforman una gran cantidad de biomasa de desecho factible de ser utilizada como energía.

Los desechos provenientes de la actividad agrícola, pecuaria y forestal constituyen los residuos del sector silvoagropecuario. Se puede denominar residuo entonces a la planta o a la porción cultivada de ella que es preciso separar para obtener el fruto u órgano de cultivo de la especie, para facilitar el cultivo propio o posterior.

Los seres humanos y los animales utilizan sólo una parte de la biomasa a su disposición, constituyendo el resto en un residuo en gran medida no utilizado. Incluso un gran porcentaje de la parte utilizada es definido, según su naturaleza, como residuo. Los del primer caso constituyen los residuos de producción, mientras que el segundo caso conforma los residuos de consumo o transformación; ambos de naturaleza orgánica.

La actividad agrícola, forestal y agroindustrial, produce grandes cantidades de residuos procedentes de la cosecha de los órganos de consumo de plantas cultivadas, la explotación de bosques y el procesamiento agroindustrial de materias primas de origen vegetal.

Ejemplo de ello lo constituyen los rastrojos de cereales como trigo, centeno, cebada, avena y maíz; los rastrojos de leguminosas de grano, especialmente en sectores de secano, como es el caso de la lenteja, arveja, haba, garbanzo y forrajeras; los desechos de chacras y hortalizas como tomate, papas, pimiento, repollo, zapallo, melón, zanahoria y poroto verde; los rastrojos en pie de cultivos industriales como maravilla y tabaco y los desechos de poda de especies frutales como damascos, paltos, durazneros, ciruelos, vides, manzanos, perales y nogales por citar algunos en el sector agrícola y los desechos de explotación forestal procedente de bosques de pino y eucalipto; y los cercos vivos constituidos por ramas, cortezas, virutas, aserrín, tocones y raíces.

Desde el punto de vista químico, los componentes principales de los residuos están formados por celulosa, hemicelulosa y lignina, compuestos no nitrogenados de las plantas que forman su estructura de sostén, presentes en el 90% de la materia seca del vegetal y que son insolubles, resistentes y plásticos o conforman materiales duraderos como la madera, mientras que los componentes variables presentan compuestos orgánicos como proteínas, terpenos, grasas, resinas, ceras, pigmentos, aromas, componentes específicos y otros.

La presencia de estos materiales de naturaleza química y energética, abandonados en el medio ambiente, generan problemas de contaminación de aguas, presencia de insectos y roedores, incidencia de plagas y enfermedades hacia los cultivos agrícolas y forestales, pudriciones y presencia de fluidos y olores desagradables. Asimismo, la acumulación de combustible (residuos orgánicos) puede favorecer incendios forestales. Tradicionalmente en Chile para eliminar estos residuos se procede a quemarlos a fin de reducir el volumen de biomasa acumulada, sin embargo, es una práctica muy perjudicial para la vida en el suelo (Calderón, M. 2002).

4.1. Clasificación de residuos según su tipo

La evaluación de los usos potenciales de los residuos como asimismo la identificación de las restricciones ambientales, permite dividir a los residuos silvoagropecuarios en siete categorías para quemar, según su origen:

Residuos provenientes de:

- Cereales y Leguminosas
- Frutas y Verduras
- Desechos de poda
- Plantas de Celulosa
- Semillas Oleaginosas
- Raíces y tubérculos
- Residuos animales
- Residuos de malezas

De los grupos señalados es necesario seleccionar los residuos de acuerdo a su disponibilidad o inmediatez de combustión, estableciéndose que existen tres grandes grupos:

a) Residuos secos al momento de la cosecha:

corresponden a rastrojos de especies gramíneas productoras de grano clasificadas como cereales, especies leguminosas productoras de granos envainados y especies correspondientes a cultivos industriales. Como, por ejemplo: Trigo, Avena, Cebada, Maíz, Maravilla, Lenteja, por nombrar algunos.

Como ya se ha mencionado, el principal residuo del cultivo de cereales es la paja y los rastrojos. Estos suelen presentar baja humedad 10-15%, alto contenido de C (37-47%) y materia orgánica (77-85%). Poseen bajo contenido de N (0,3-1,1%).

b) Residuos verdes al momento de la cosecha:

corresponde a residuos de especies de hortalizas, frutales o chacras que están verdes al momento de cosechar el órgano de consumo de la planta. Como, por ejemplo: Ají, Berenjena, Brocoli, Melón, Sandía, Tomate, Lechuga, Haba, Zapallo, por nombrar algunos.

Se trata de residuos de cultivos que se cosechan antes de la senescencia vegetal. Por este motivo los residuos presentan alto contenido de humedad y generalmente son fácilmente biodegradables. Aunque también tienen un contenido elevado de carbono (C), presentan una relación C/N baja (15-30) debido a su cantidad de nitrógeno (N). El contenido de hemicelulosa oscila entre 5 y 15%, la celulosa varía entre el 10 y 40%.

c) Residuos leñosos al momento de la poda:

corresponden a desechos de poda de especies frutales de hoja persistente y frutales de hoja caduca tales como: Arándano, olivo, vid, nogal, manzano, por nombrar algunos.

Dado que son plantas leñosas y que los residuos provienen generalmente de los restos de poda, presentan un contenido medio bajo de humedad y un alto contenido de celulosa y lignina. Por ello, la relación C/N de estos materiales es muy elevada, 30 a 150 para residuos procedentes de nogal, vid, otros árboles frutales.

4.2. Características y composición de residuos presentes en los predios agrícolas de la provincia de Melipilla

Para seleccionar el método más adecuado a la hora de tratar cualquier tipo de residuo, es imperativo conocer su etiología, composición y propiedades.

El concepto de residuo agrícola que aquí se ha utilizado lleva implícito que estos materiales son sólidos y de naturaleza orgánica, evidentemente debido a su origen vegetal, pero su composición suele ser variada dependiendo del tipo de cultivo del que procedan. Estos presentan un contenido hídrico muy variable, elevado contenido de materia orgánica, fracción mineral variable en concentración total y equilibrio (según el órgano o fracción vegetal que se trate) y generalmente posee un porcentaje de C elevado mientras que el N suele ser bajo, así tienen una relación C/N alta, aunque con notables diferencias según la naturaleza y composición del residuo (Tabla 1 y 2). La biodegradabilidad de estos materiales es función del contenido relativo en biomoléculas fácilmente asimilables (azúcares solubles y otras moléculas de bajo peso molecular), de hemicelulosa y celulosa, así como de componentes de degradación más lenta (ceras, lignina, y otros polifenoles), por ello, son la principal fuente de carbono y energía para los microorganismos del suelo.

Otros nutrientes como el K, P, Mg y Ca, se encuentran en menor cantidad y en contenido variable dependiendo del tipo de residuo, pero son igualmente importantes ya que son indispensables tanto para los microorganismos que degradan el residuo, como para las comunidades microbianas que habitan en los suelos.

Con el objetivo de caracterizar la composición de los residuos orgánicos presentes en la provincia de Melipilla, que generalmente presentan un problema para los agricultores, y que finalmente optan por eliminarlos haciendo uso del fuego, es que se tomaron muestras de los residuos, analizando algunos parámetros de su composición como: contenido de humedad, pH, conductividad eléctrica (CE), contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno total, fósforo, potasio, carbono total y la relación C/N (Tabla 1 y 2), con el fin de poder orientar al agricultor en seleccionar la práctica más adecuada según las características del residuo que se genera en cada predio.

Tabla 1.

Análisis químico de materias primas de la provincia de Melipilla, Región Metropolitana.

ANÁLISIS QUÍMICO														
		NCh 2880												
	Unidad	Clase A	Clase B	Chépica	Pino	Crategus	Euca-liptus-	Zarza-mora	Poda de frutal	Mix chips, acacio, sauce y eucaliptus	Paja de trigo	Ras-trojo de Maiz	Chips pitos-poro	Poda de nogal
pH	1:10	5,0 - 8,5		7,3	4,5	5,2	5,1	5,5	5,7	5,2	6,4	6,7	5,8	5,6
C. Eléctrica	dS/m	< 3 < 8		19,7	3	4,8	3,5	1,3	1,2	3,3	15,4	12	3,3	1,6
Materia Orgánica	%	> 20		89	91,5	94	96	97,5	98,5	97,5	91,5	93	97	97
Carbono Orgánico	%	> 11		49,4	50,8	52,2	53,3	54,2	54,7	54,2	50,8	51,7	53,9	53,9
Nitrógeno total (N)	%	> 0,5		1,43	1,4	1,32	0,83	0,77	0,75	0,73	0,57	0,6	0,52	0,44
Relación C/N	%	< 30		34,6	36,3	39,6	64,3	70,3	72,9	74,2	89,1	86,2	104	122
Fósforo total (P2O5)	%			0,89	0,6	0,6	0,23	0,3	0,3	0,16	0,21	0,18	0,18	0,23
Potasio total (K2O)	%			2,7	1,2	1,3	0,49	0,33	0,32	0,32	2,5	1,7	0,78	0,24
Calcio total (CaO)	%			0,78	2,6	2	1,48	1	1,12	0,87	0,46	0,39	0,9	1,2
Magnesio total (MgO)	%			0,45	0,38	0,46	0,26	0,24	0,16	0,1	0,26	0,42	0,11	0,26
Hierro total (Fe)	mg/kg			3330	570	275	130	111	55	38	214	132	125	50
Manganeso total (Mn)	mg/kg			100	30	28	30	20	8	12	14	23	10	51
Boro (B)	mg/kg			22	39	39	35	20	22	17	19	16	46	25
Cobre (Cu)	mg/kg	70 - 400		9	8	13	8	10	12	4	2	2	8	10
Zinc (Zn)	mg/kg	200 - 800		30	23	36	12	20	16	8	4	16	8	12
Humedad	%	30 - 45		17	9	32	13	9	28	41	9	11	19	13
Materia seca	%	55 - 70		83	91	68	87	91	72	59	91	89	81	87

Como se observa en la tabla 1, los residuos recién cosechados como la chépica, pino y crategus tienen una relación C/N inferior a 40/1, debido a que estas especies se cosecharon con un alto contenido de humedad y con mayores contenidos de N total en comparación a otras especies más lignificadas y secas. Además, se evidencia que la materia prima más leñosa, con altos niveles de lignina, tales como el rastrojo de maíz, paja de trigo, zarzamora, Acacio, sauce, eucalipto, chips de pitosporo y nogal, están compuestos por un material bastante seco, generalmente suele presentar un bajo contenido de humedad (10-20%), un alto contenido de Carbono (mayor a 50%), un contenido de materia orgánica mayor a un 90%, un bajo contenido de N

Tabla 2.

Análisis químico de materias primas de la provincia de Melipilla, Región Metropolitana.

ANÁLISIS QUÍMICO													
	Unidad	NCh 2880		Guano de oveja	Guano de caballo	Guano caballo Cura-cavj	Césped	Guano de caballo 2	Coliflor	Pitosporo	Hoja de palto	Hoja de palto chipeado	Palmera
		Clase A	Clase B										
pH	1:10	5,0 - 8,5		8,1	8,6	8	8	7,6	4,3	6,5	5,9	5,7	5,8
C. Eléctrica	dS/m	< 3		1,9	11,1	4,9	11,8	9,4	35,8	21,1	8,6	4,2	8,7
Materia Orgánica	%	> 20		58	53,5	28,5	69,5	60	85	81	95	92,5	93
Carbono Orgánico	%	> 11		32,2	29,7	15,8	38,6	33,3	47,2	45	52,8	51,4	51,7
Nitrógeno total (N)	%	> 0,5		2,47	2,03	1,02	2,19	1,88	2,62	2,41	2,25	1,99	1,75
Relación C/N	%	< 30		13	14,6	15,5	17,6	17,7	18	18,7	23,5	25,8	29,5
Fósforo total (P2O5)	%			1,4	2,1	1,5	1,2	1,3	1,3	1,1	0,55	0,57	0,41
Potasio total (K2O)	%			0,93	2,3	0,79	2,3	1,8	2,5	3,5	1,5	1,3	1,2
Calcio total (CaO)	%			5,4	3,6	2,23	2,74	2,5	5,94	4,5	1,76	2,49	0,67
Magnesio total (MgO)	%			1,4	0,86	0,99	0,83	0,77	0,42	0,58	0,61	0,64	0,26
Hierro total (Fe)	mg/kg			2860	5140	5865	3930	2755	256	730	280	340	177
Manganeso total (Mn)	mg/kg			570	284	322	195	238	56	78	65	78	27
Boro (B)	mg/kg			88	63	39	49	54	29	143	40	32	22
Cobre (Cu)	mg/kg	70 - 400		23	30	76	60	14	26	32	20	12	4
Zinc (Zn)	mg/kg	200 - 800		74	114	74	54	52	16	74	28	26	56
Humedad	%	30 - 45		9	15	51	27	39	87	40	39	38	8
Materia seca	%	55 - 70		91	85	49	73	61	13	60	61	62	92

(menor que 1%), y una alta relación C/N (mayor a 70), por consiguiente una lenta degradación, con un alto contenido de lignina, material difícilmente biodegradable, que varía entre el 10 y el 25%.

Por otra parte, como se observa en la Tabla 2, los residuos animales de guano de caballo, vaca y oveja alcanzan una relación C/N inferior a 25/1. Esto se debe a que estos residuos animales presentan alto contenido de humedad y generalmente son fácilmente biodegradables, y con los mayores contenidos de N total. Asimismo, vemos que los residuos recién cosechados como el césped, coliflor, pitosporo, hojas de palto y palmera tienen una relación C/N inferior a 30/1, debido a que estas especies se cosecharon con un alto contenido de humedad y con mayores contenidos de N total en comparación a otras especies más lignificadas y secas.

Tomando en consideración la información entregada en ambas tablas, es que la toma de decisión para realizar cualquier tratamiento de los residuos es de gran relevancia, aprovechando de la mejor manera la composición de cada residuo y optimizando la práctica que se vaya a realizar. Las cuales se detallarán de manera específica en el siguiente capítulo.

Bibliografía

Calderón, M. 2002. Estudio de diagnóstico, Situación actual y alternativas de aprovechamiento de residuos agrícolas en el sector silvoagropecuario de la Región Metropolitana. CONAF, Santiago, Chile.

CONAF, 2009. Alternativas de reemplazo a las quemadas de residuos agrícolas y forestales.

IPCC (2013). «Resumen para responsables políticos». En Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley, ed. Cambio climático 2013: La base física científica. Quinto Informe de Evaluación del IPCC (en inglés).

IPCC, 2019. Cambio climático y tierra: un informe especial del IPCC sobre cambio climático, desertificación, degradación de la tierra, gestión sostenible de la tierra, seguridad alimentaria y flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres [PR Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, DC Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)].

Ministerio del Medio Ambiente, 2011. Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Santiago, Chile.

Sepúlveda S., Fabiola y Tapia F., Francisco (2012) Caracterización y manejo de los residuos generados de los procesos productivos agrícolas en el valle de Azapa, región de Arica y Parinacota [en línea]. Arica, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 311.

Moreno Casco, J. y Moral Herrero, R. (Edit. Cient.) Compostaje. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2008. 570 p.