

Los “Residuos” no son “Desechos”.

por

Dr. Miguel Jordan Zimmermann

Dirección de Investigación, Innovación y Proyectos

Vicerrectoría de Desarrollo

Asturias 336. Las Condes. Código Postal 7550222

Universidad Mayor

El quehacer industrial (alimentos, papel, textil, minería, etc.) genera una serie de productos considerados residuos y/o desechos de no mayor interés; aun creando problemas en cuanto a su eliminación. La mirada productiva va en mayor medida hacia el producto elaborado, objetivo principal de la empresa; tan solo recientemente se está visualizando qué otros productos, componentes y/o beneficios podrían encontrarse en los componentes a ser eliminados. El problema es conocido y ejemplos hay abundantes en el mundo como también aquellos conocidos en el país.

Un examen más a fondo en cuanto a residuos y desechos, nos indica primero que no son las mismas cosas. El diccionario nos indica que un residuo contiene elementos que aún pueden ser usados y que por tanto no es el producto final a deponer. El desecho en cambio es aquel el cual no presentaría ya ninguna utilidad –salvo que aun la tuviese- y en ese caso aún debería denominarse residuo. Por tanto residuos y desechos no son lo mismo y deberían distinguirse en cuanto a su denominación.

Uno de los ejemplos donde la consideración de la importancia de posible “reutilización del residuo” tiene significado es a nivel de la industria en general; en este caso como Ej. las plantas de producción de la celulosa, en Chile, a partir de pino insigne (*Pinus radiata*). Las plantas de celulosa, al igual que otras industrias del sector

productivo, producen una diversidad de residuos sólidos cuyo destino, por la cantidad generada, constituye un motivo de constante preocupación. El ejemplo no es menor pues a lo largo del país existen varias plantas de celulosa las cuales tienen importancia en el PIB nacional, son material exportable y la fuente de diferentes otros productos derivados de uso imprescindible; entre ellos, cartón y papel en sus diferentes y múltiples tipos. Asociada a la materia prima se tienen a las grandes reforestaciones/plantaciones de bosques en zonas de suelos de menor valor comercial. Toda la industria derivada de la madera en su conjunto, es por supuesto un factor de producción y de importancia no menor en la economía de nuestro país.

Volviendo al interior de una empresa cualquiera, ejemplarizando una referida a la producción de celulosa, en los procesos particulares a su producción existen también otros sub-productos primarios de la misma madera que tradicionalmente se han empleado en el proceso de obtención de la celulosa, que se escapan un poco a la denominación de “residuos”. Estos productos corresponden a la corteza de los árboles, cuyo alto contenido calórico permite su combustión en términos muy eficientes para generar vapor. El vapor obviamente es aprovechado en el sistema en la generación de electricidad y reemplaza parcialmente el uso de combustibles con la respectiva economía que implica.

El problema mayor sin embargo reviste la generación de los diferentes productos de salida que el proceso “Kraft” implica, en sus distintas etapas de extracción y procesamiento hasta la elaboración de la celulosa. Aquí distinguiremos primeramente que los productos residuales pueden ser sólidos y líquidos; aunque en la presente revisión nos referiremos solamente a los varios tipos de residuos sólidos derivados. En primer lugar se debe indicar que los productos sólidos de una sola planta de tipo Kraft promedio de elaboración en Chile corresponde del orden de 70.000 m³/año; volumen no menor, que hasta hoy, debe ser depuestos en vertederos impermeabilizados (Fig. 1). Para esto se deben utilizar áreas o superficies de suelo que podrían haber tenido otro destino más productivo. Ordenanzas indican cómo estos deben ser depuestos en cada caso y las protecciones y resguardos debidos para evitar la contaminación de contenidos de estos depósitos a aguas profundas en afluentes las que luego podrían derivar en uso agropecuario, industrial y/o eventualmente humano.

Fig. 1.- Un vertedero de acopio de residuos sólidos de una planta de celulosa “Kraft”.



Fig. 2.- Los Residuos de una planta de celulosa convencional tipo “Kraft”.



Resumidamente, de entre los diferentes residuos que son generados en el proceso productivo, orgánico y no orgánico, se pueden citar a los siguientes, (con sus nombres técnicos); a saber: Cenizas, Escorias, Dregs, Grits, Rechazos del Clarificador y Rechazos de Cocción, en conjunto llamados lodos y de carácter orgánico (Fig. 2).- Las cenizas resultan de la combustión de la corteza en las calderas, "dregs" y "grits" que se generan en el filtro de impurezas de licor verde y en el apagador de cal, respectivamente, durante la recuperación de reactivos conducente a la reconstitución del licor de cocción, con composición fundamentalmente inorgánica (óxidos y carbonatos), siendo muy pobres en elementos como fósforo y nitrógeno. Los lodos son los que sedimentan en el clarificador durante el tratamiento primario; los restos de fibra, que constituyen el principal componente de estos residuos, son prensados y luego quemados.

Como se puede observar, la producción de sólidos y su correspondiente eliminación representa una materia de gran relevancia para la industria de la celulosa. Una norma esencial en el manejo de residuos sólidos consiste en tratar de disminuirlos al máximo. Ello implica mejorar las técnicas de retención, cerrar circuitos de agua, recuperar fibra con fines de aumentar la producción y recuperar sólidos en general para darles un uso productivo fuera de la planta. Por lo tanto, se entiende que las estrategias de manejo de sólidos que se mencionan a continuación deben adoptarse una vez cumplida esta premisa.

En relación a esta problemática, en complemento a las acciones técnicas posibles de emprender en el proceso productivo mencionado arriba, y bajo la perspectiva de poder dar a los residuos un uso posterior, se realizó un estudio más acucioso en cuanto al distinto valor que podrían aportar los residuos mencionados y sus posibilidades de utilización analizando algunas propiedades físicas y químicas de este material. En Tabla 1, se presentan las características químicas varios residuos y contenidos de algunos elementos presentes en muestras estándar.

Tabla 1. Características químicas de residuos sólidos del proceso de producción de celulosa tipo Kraft

Característica	Ceniza	Escoria	Dregs	Grits	Lodos Primarios	Rechazos Cocción
Materia seca (% m.s.)	4.1 ^(a)	1.7	0.0	n.d	64.5	94.6
pH	12.4	10.1	10.6	13.0	7.9	9.6
Organoclorados (mg/Kg)	0.1	0.4	0.23	0.4	6.6	0.0
Conductividad (mMhos/cm) ^(b) *	1.21	0.15	1.25	34.40	n.d	n.d
Elementes Esenciales Mayores (% p.s)						
N Total	0.06	0.03	0.04	n.d	n.d	n.d
P Total	1.59	0.30	0.46	0.85	0.63	0.07
K Total	2.46	0.84	0.50	0.45	0.22	0.29
Ca	11.70	2.18	30.0	29.0	10.9	0.1
Mg	0.12	0.35	0.49	0.75	0.64	0.03
Cl	0.19	0.02	0.8	0.03	0.22	0.14
Minor Essential Elements (mg/Kg)						
Fe	651.3	568.8	525.0	680.0	444.0	200.0
Mn	637.5	625.0	600.0	100.0	75.0	100.0
B	13.2	29.8	21.3	n.d	n.d.	18.0
Cu	32.5	21.5	23.0	100.0	28.0	10.0
Zn	49.5	33.5	41.5	100.0	20.0	10.0

^(a): Valores de tres mediciones; ^(b): Dilución 1:10. d.w: peso seco. n.d.: no determinado. Adaptado de Jordan et al 2002. Journal of Environmental Quality 31,1004-1009.

Como puede visualizarse, los diferentes elementos presentan parámetros tanto positivos como negativos; de entre los primeros contenidos variables de elementos esenciales mayores y menores. N, P y K junto a microelementos están presentes, concentraciones dependientes de cada residuo; igualmente con alta representación Fe y Mn. Por otro lado, como todos los residuos, se presentan valores de pH extremadamente altos, alcalinidad entre aprox. pH 10 y 13, con la excepción de los lodos.

En estudios preliminares (bibliografía) se ha reportado que en combinación con muestras de suelos de diferentes localidades, concentraciones crecientes de varios residuos (10, 20 a 30%) combinadas con suelos forestales, no limitan la germinación de semillas de pino (*Pinus radiata*) ni el desarrollo de plántulas; bajo condiciones de invernadero. Por contrario, en esas proporciones el crecimiento se ve favorecido, encontrándose plántulas de mayor tamaño en las mezclas en que la proporción de residuos alcanza a 30 o 40%. Los mejores resultados ocurren usando cenizas en donde concentraciones de un 50% no evidencian ninguna toxicidad en el largo plazo. Otros residuos también pueden ser usados en mezclas con suelo en varias proporciones

aunque la respuesta es dependiente del grado de tolerancia de la especie vegetal. Cabe destacar que la presencia de residuos no solo aumenta el contenido de elementos esenciales solubles sino que además adecua (sube) el pH a valores más neutrales que las condiciones ácidas que presentan en general los suelos forestales del sur del país, empobrecidos y lavados por la alta pluviometría existente. La presencia de elementos menores pesados, tales como Fe y Mn, también útiles, o quizás en exceso según el tipo de suelo, no implica que necesariamente sean absorbidas por las plantas. Existen especies vegetales “no acumuladoras” como lo son Pino y Eucalipto, donde la presencia de estos microelementos no implica toxicidad puesto que, estas especies, como otras, tienen mecanismos fisiológicos en sus raíces que evita su ingreso. Sin embargo, posibles usos futuros de suelos combinados con residuos no estarían pensados para cultivos comestibles, solo para uso industrial como es el caso presente, por Ej. nuevas plantaciones madereras. En este sentido, hay otros factores que hablarían a favor de reincorporar los residuos más idóneos al bosque; por Ej. el alto valor de pH compensaría el bajo pH de suelos forestales lavados con las lluvias y con restos orgánicos de la plantación; se recompensaría la pérdida de elementos lavados por este mismo efecto; por Ej. Ca favoreciendo la agregación del suelo (estructura), floculación de elementos, junto a una mejora en la disponibilidad de P, normalmente fijado por las arcillas características de los ácidos suelos rojos en partes del sur de Chile.

Una neutralización gradual del pH propendería además a la recuperación de la microflora y microfauna original, inductores de materia orgánica. Estudios preliminares indicaron que la incorporación de residuos en concentraciones bajas no altera la microflora en los sitios. Son varios los factores que contribuyen a la viabilidad de esta opción. La luz solar, los microorganismos del suelo (biorremediación), los vegetales (fitorremediación) y las propias componentes inertes del suelo contribuyen además a eliminar sustancias tóxicas presentes en residuos y desechos. Los componentes orgánicos de los residuos pueden aumentar la capacidad del suelo para retener agua, mejorando de este modo la actividad microbiana y el transporte de nutrientes. A la vez, algunos minerales (principalmente carbonatos) aumentan el intercambio catiónico y disminuyen la velocidad de percolación de agua en suelos de alto drenaje. Por último, su contenido en fósforo y nitrógeno transforma a los desechos en fertilizantes que proveen a las plantas de elementos esenciales para su crecimiento.

Sin duda, todo esto reducirá el volumen y costo de deponer dicho material en vertederos. Así, sobre la base de investigaciones diversas, sin duda la tendencia más generalizada actualmente sería la aplicación de sólidos de diverso origen, incluidos los de la industria de la celulosa, a suelos agrícolas y forestales. Esta representa una opción relativamente simple, de positivos impactos socio-económico y ambientales, que permite vislumbrar su puesta en práctica en unos pocos años. En todo caso mayores estudios son necesarios de considerar antes de hacer aplicaciones de los residuos en el terreno.

Existen ya experiencias exitosas de otros usos de dichos residuos; por Ej. su aplicación en terrenos agroforestales una vez degradados o disminuidos en sus aspectos negativos. La Planta Riocell, también en Brasil (Porto Alegre), comercializa sus sólidos inorgánicos a través de otra empresa que los seca, muele, tamiza y decanta en diferentes afluentes de agua para venderlos luego como agentes neutralizantes de terrenos de alta acidez y con deficiencia de calcio y magnesio (muy comunes en áreas tropicales de alta pluviometría). Por su parte, los residuos orgánicos son enviados a una empresa contratista que los somete a un proceso de estabilización anaeróbica para disminuir su toxicidad y luego los comercializa como tierra vegetal para actividades forestales y jardines. La planta Marlboro en Carolina del Sur igualmente ha ejecutado estudios en un programa de aplicación de todo tipo de sólidos a terreno, en el que participan el Departamento de Agricultura de la Clemson University y el Departamento de Salud y Control Ambiental de la Universidad de Carolina del Sur. Vale la pena además destacar otros estudios enfocados al tema como el gran proyecto denominado Appendix A, llevado a cabo en Maine por varias plantas de celulosa en conjunto con el Natural Resources Council of Maine, en el que se examinó en detalle el destino de los organoclorados y el impacto de los lodos en el crecimiento de las plantas y en la vida silvestre. Para muchas de las aplicaciones mencionadas se requerirá la depuración de organoclorados y metales pesados; lo anterior podría ser materializado aplicando biotecnologías como son la biorremediación microbiana y la fitorremediación.

Por, hoy se practican varios otros usos para los residuos; entre los cuales se cuenta con resultados preliminares, aplicaciones generalizadas en otros casos y nuevos usos potenciales, varios citados en la literatura. Entre las diversas posibilidades de reutilización de los residuos se pueden mencionar:

1.- **Caminos.** Para la fracción consistente en cenizas, dregs y grits, se ha ensayado con bastante éxito su uso en la construcción de caminos. Estos caminos muestran una alta resistencia al paso de vehículos de alto peso y necesitan una menor mantención que aquellos no pavimentados. Adicionalmente en la reparación de rellenos (landspreading/landfilling), manejo de meandros en ríos.

2.- **Estructuras:** Las cenizas de la caldera de poder resultan buenos aditivos para cementos utilizados en la construcción de viviendas económicas; tejas, pastelones, paneles y otros materiales.

3.- **Metano:** la digestión anaeróbica de los lodos primarios y secundarios permiten la producción de metano, la que se lleva a cabo directamente en los efluentes.

4.- **Etanol:** Bioconversión en pequeña escala. (Entre algunos inconvenientes puestos se deben hacer procesos previos: Ej. hidrólisis ácida. Además, el contenido de

celulosa de la fibra alcanza a un 35-45% solamente, quedando un nuevo residuo que requiere ser tratado).

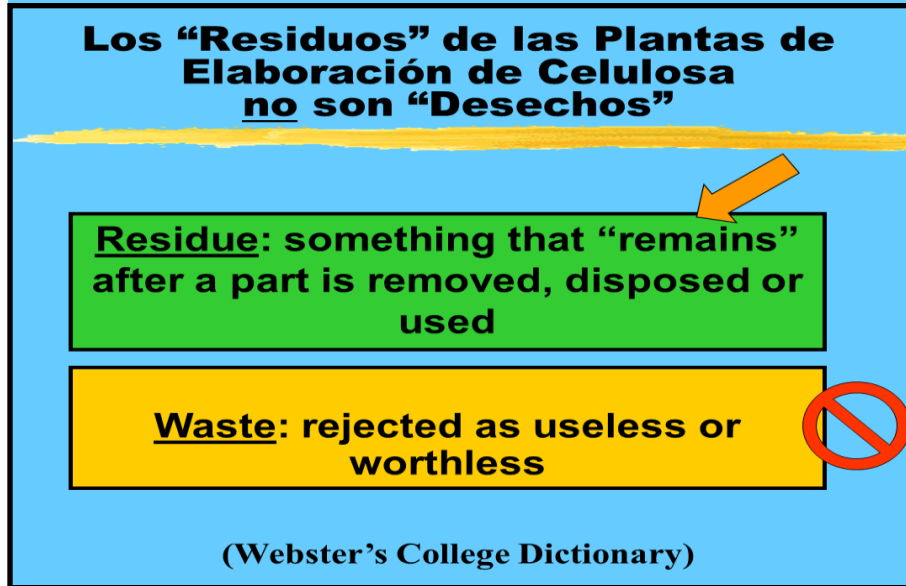
6.- **Aceites:** Pirolisis o gasificación de lodos mediante aplicación de calor en ausencia de oxígeno para obtener aceites ricos en sustancias químicas de alto valor agregado y gas combustible enriquecido en hidrógeno. Aunque en un estado de incipiente investigación, este proceso está dando promisorios resultados a escala piloto. También es fuente para la producción de algunas hormonas humanas.

7.-**Fertilizantes de suelo:** la empresa brasilera “Vida”, usa los residuos en la elaboración de fertilizantes para cultivos agrícola en forma de una marca registrada distribución en el país a nivel de retail.

8.- **Pelletizado como materia prima:** Por último, se pueden mencionar otra serie de posibles aplicaciones aún en experimentación, las que incluyen el pelletizado para camas de animales domésticos, medios de cultivos de lombrices y hongos, confección de tableros, adsorbentes de aceites y cubiertas impermeabilizantes de terrenos.

Así en resumen, sobre la base de esta perspectiva, la reutilización de residuos es siempre una alternativa deseable y debe ser promovida. No debe desecharse hasta la última instancia de posible aprovechamiento dentro de un costo planificado y ajustado. Así también se ha comprendido ya hace un tiempo en la gran minería donde junto al principal metal extraído, el cobre son también por hoy obtenidos oro, plata, molibdeno y otros metales, quien sabe de otros ahora no considerados por no ser relevantes, como está ocurriendo con el silicio. De manera que, al parecer: “los residuos no son desechos” (Fig. 3)

Fig. 3.- Los Residuos no son Desechos



REFERENCIAS

- 1.-Jordan, M.,M.A. Sánchez, L. Padilla, R. Céspedes, M. Osses and B. González (2002). Kraft mill residues effects on *Pinus radiata* growth and soil microbial activity. *Journal of Environmental Quality* 31,1004-1009.
- 2.-Jordan, M.,R.C. Peña and M. Osses (2003). Plant colonization of a cellulose mill dump in continuous solid residue refill. *Phyton* 2003, 177-182
- 3.-Jordan, M.,and E. Rodriguez (2004). Effect of solid residues from the cellulose industry on plant growth. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167, 351-356.
- 4.-Jordan, M.,D. Wilken, A. Gerth, and O. Muñoz (2008). Effect of cellulose wastes upon the growth of *Phragmites australis*. *International Journal of Phytoremediation* 10, 197-209.