

**Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
Dirección de Posgrado**



**PLAN DE TESIS de
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**



Evaluación del compostaje domiciliario como modelo de gestión de los residuos orgánicos. Caso de estudio: Comuna Villa La Serranita.

Alumna: Lic. Suárez, María Fernanda.

Director de Tesis: Dra. Paola A. Campitelli.

Co-director de Tesis: Mgter. Ing. Guillermo Garrido

Córdoba, agosto de 2012.

JUSTIFICACIÓN

Los residuos son aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado, en el contexto en que se producen, ningún valor, ya sea por la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento o por la inexistencia de un mercado que absorba los productos recuperados (Seoanez Calvo, 2000).

En los últimos tiempos, muchas economías se han basado en el modelo de vida consumista, siendo su lema “producir más y consumir más”. Como consecuencia de este estilo de vida, se ha tornado creciente el consumo de recursos que generan grandes cantidades de desechos, siendo su eliminación un problema ambiental de gravedad que se torna cada vez más complejo y creciente (Campitelli, 2010). Así, la disposición final se ha convertido en un problema de importancia en la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) debido a la disminución de la disponibilidad de sitios para vertido y al aumento de regulaciones ambientales (Bench *et al.*, 2005; Rosal *et al.*, 2007; Martínez-Blanco *et al.*, 2010).

A nivel mundial, la legislación actual tiende a eliminar y/o minimizar los riesgos para la salud de los habitantes e implica un mejoramiento sustancial en la gestión de los residuos (Woodard *et al.*, 2004). En el paradigma actual de la gestión de los residuos, cuyos rasgos principales son la integralidad y sostenibilidad (SAyDS, 2005), tanto la recuperación como el reciclado constituyen opciones para desviar una fracción de los residuos de vertederos y/o basurales a cielo abierto (BCA) (Rosal *et al.*, 2007; Huerta *et al.*, 2008).

En los BCA se producen contaminaciones de los suelos en los que se depositan, de las aguas subterráneas y superficiales circundantes, emisiones de gases metánicos, desarrollo de vectores potenciales transmisores de enfermedades, formas de vida humana no sostenibles para quienes habitan en las inmediaciones o manipulan los residuos, entre otros problemas (SAyDS, 2005).

El manejo de los RSU en Argentina tiene incumbencia municipal y en general, el manejo de los residuos constituye un problema creciente para la mayoría de sus autoridades, por lo que la gestión se reduce a la realización de la recolección domiciliaria e higiene urbana -barrido de calles y limpieza de sectores públicos-, y de la disposición final de los residuos, efectuada en muchos casos con escasos controles ambientales (SAyDS, 2005).

En la Ley Nacional 25.916 de Residuos Domiciliarios se establecen los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios. En este sentido, se define la gestión integral como el conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí que conforman acciones para el manejo de los residuos domiciliarios con el objeto de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población considerando la valorización y la disposición final adecuada.

La gestión de los residuos comprende las etapas de generación, recolección, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final y tiene como objetivos: lograr un adecuado y racional manejo de los residuos domiciliarios mediante su gestión integral; promover la valorización de los mismos a través de la implementación de métodos y procesos adecuados; minimizar los impactos negativos que puedan producir sobre el ambiente y lograr la minimización de los residuos con destino a disposición final (SAyDS, 2005).

En consonancia con la Ley Nacional, La Ley Provincial 9088 de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, establece entre sus objetivos el prevenir la producción innecesaria de residuos (atendiendo a la reducción en origen, reutilización, reciclado u otras formas de recuperación) y alentar la formación de sistemas cooperativos o asociativos con la finalidad de intervenir en el proceso de recolección, clasificación, reutilización, transporte y destino de los residuos.

La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS), ha puesto en práctica el programa de Coordinación General para la Gestión de RSU, a fin de lograr una mayor eficiencia en la implementación de la Estrategia Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU); menciona como elemento clave la minimización y valorización de los RSU (Reducción, Producción Limpia y Consumo Sustentable; Reuso, Reciclado y Recompra).

Existen varias fracciones potencialmente reciclables en la composición típica de un RSU, cuya proporción varía entre países. Según estadísticas del Observatorio Nacional para la gestión de Residuos Sólidos

Urbanos de Argentina, en nuestro país el 14 % de los residuos corresponde a plásticos, el 17 % a papel y cartón y el 50 % a residuos orgánicos. Estos valores indican que acciones efectivas de reciclado, orientadas a la fracción orgánica, permitirían disminuir significativamente la cantidad de residuos que actualmente se disponen en vertederos o basurales.

Para aprovechar la fracción orgánica de los residuos que se generan en la ciudad, es necesaria la diferenciación. Esta se puede hacer en origen (el hogar) o en el destino (de manera centralizada); sin embargo numerosos referentes técnicos, tales como Pieters, (1986), Zhuang *et al.*, (2007), Larsen y Astrup, (2011), han identificado fuertes beneficios de la separación en origen, tanto desde un punto de vista ambiental como económico. Es de común acuerdo que la clasificación de residuos en origen, se presenta como una alternativa recomendable, permitiendo reducir los costos de reciclado así como los riesgos para la salud (Mason *et al.*, 2004).

Una vez definida la diferenciación los residuos orgánicos en origen, se debe elegir el tipo de tratamiento que se le dará. Una alternativa es el compostaje (Zotos *et al.*, 2009). Este puede definirse como un proceso de descomposición biológica de los materiales en condiciones controladas generando, entre otros productos, materia orgánica estabilizada (Campitelli, 2010; Zucconi y de Bertoldi, 1987). Además este proceso permite obtener un producto denominado “compost” con valor agrícola, que puede ser usado como fuente de nutrientes y como acondicionador de suelos (Castaldi *et al.*, 2008; Hoitink, 2000). El compostaje tiene la potencialidad de trabajar sobre dos objetivos, la reutilización de los residuos orgánicos y el mejoramiento de los suelos.

Existen distintas tecnologías y escalas dentro de la técnica del compostaje de los residuos urbanos. El compostaje domiciliario es una posibilidad. Lundie y Peters (2005) abordaron un estudio comparativo del compostaje domiciliario frente a otras estrategias como el compostaje industrial y la disposición en sitios de vertido, concluyendo que tiene ciertas ventajas ambientales. A su vez, existen estudios que indican el nivel de respuesta de los vecinos en la puesta en práctica del compostaje doméstico como un quehacer cotidiano. Además, algunos antecedentes indican que la calidad del compost obtenido en el hogar, una vez que los vecinos superan las dificultades operativas, puede alcanzar una calidad agronómica aceptable (Papadopoulos *et al.*, 2009).

Estos antecedentes de compostaje domiciliario abren la posibilidad de aplicación de esta herramienta de manera masiva en municipios y comunas del país. Este tipo de solución para la fracción orgánica de los residuos del hogar, aunque todavía no cuenta con experiencias fuertes Argentina, se presenta como una gran oportunidad para localidades pequeñas.

En la provincia de Córdoba, la Comuna de Villa La Serranita, con inconvenientes en la gestión de sus RSU, entre ellos el transporte y disposición final de los que hasta hace poco se depositaban en un BCA, ha encontrado una oportunidad en el “compostaje domiciliario”. La comuna, con el apoyo del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), se ha planteado el objetivo disminuir la generación de residuos, mediante la autogestión –por cada vecino- de los residuos orgánicos. Además de disminuir la generación de residuos espera que los vecinos dispongan de una enmienda orgánica que pueda aplicarse a los suelos.

FUNDAMENTACIÓN

La historia de la humanidad no puede separarse de la de sus residuos (Strasser, 1999; Miller, 2000; De Silguy, 1996); ambas han sufrido importantísimos cambios en el siglo XIX. En particular la evolución del compostaje, como método de tratamiento de la fracción orgánica de los residuos, ha sido cíclica. El arte del compostaje es pues muy antiguo y sus principios básicos han sido apreciados y usados a lo largo de los siglos aunque con distinta intensidad según la situación económica y social de la época (Mishra *et al.*, 2003).

A pesar de su antigüedad y de la experiencia existente, el desarrollo del compostaje ha sufrido importantes vaivenes que han impedido un avance sostenido y acorde con el interés que presenta para la gestión de los residuos y la conservación y fertilización de los suelos. La historia de este sistema de tratamiento ha transcurrido entre el entusiasmo por aprovechar la energía y nutrientes contenidos en los tejidos animales y vegetales, que imita a la naturaleza que recicla y no acumula residuos, y el desencanto producido por resultados inconsistentes y el consiguiente escepticismo por los posibles usuarios del compost (Crowe *et al.*, 2002; Giménez *et al.*, 2005).

Aunque es difícil atribuir a una persona o a una sociedad o época concreta los inicios del compostaje, sí puede afirmarse que surgió con la agricultura, cuando la humanidad pasó de ser nómada a sedentaria. Se necesitaba reciclar parte de los residuos para el mantenimiento y la fertilización de los suelos cultivados con continuidad, aprovechando la materia orgánica y los nutrientes que contenían. Existen evidencias de que los pueblos de la Mesopotamia, los griegos y las tribus de Israel conocían el compost; en la Edad Media, con el incremento de la población y la aparición de las ciudades, se rompe el ciclo natural de los residuos y en éstas se acumulan los detritos; no obstante, muchos de ellos son aprovechados por los agricultores próximos para fertilizar sus cultivos.

A fines del siglo XIX, debido a los descubrimientos de Pasteur, se produce un cambio radical en la historia de los residuos, implantándose sistemas de recogida y de vertido para evitar problemas sanitarios. A principios del siglo XX, en el año 1920, un agrónomo italiano apellidado Beccari, puso en marcha un tratamiento biológico que combinaba un proceso inicial anaerobio con un estadio final aerobio. Sir Albert Howard, en 1940, publicó "An Agricultural Testament", con el que se inició el movimiento de la agricultura ecológica. De hecho, las prácticas actuales del compostaje esencialmente se basan o deberían basarse en los mismos principios que este autor promulgó.

Durante la segunda guerra mundial, el compost y los abonos orgánicos en general tuvieron un importante resurgimiento sobre todo para cultivos de viña y hortalizas (De Silguy, 1996), pero como ha ocurrido otras veces en la historia del compostaje, la mala calidad de algunos productos y los precios exagerados provocaron que cuando hubo una ligera recuperación económica fuesen sustituidos por los fertilizantes minerales. Después de la segunda guerra mundial la agricultura incrementó su mecanización y el uso de fertilizantes sintéticos reemplazó la práctica de aplicar estiércoles y compost a los suelos. Con la crisis del petróleo (1973) vuelve a aparecer el interés por el reciclaje y por la materia orgánica, lo que dio otra vez un impulso importante al compostaje; pero también otra vez las guerras comerciales acompañadas en ciertos casos de mala calidad del compost hacen retroceder este tipo de tecnologías.

Últimamente ha vuelto a recuperarse debido al crecimiento desmesurado de la generación de residuos, problemas de suelos pobres en materia orgánica, falta de espacio para ubicar vertederos y normas ambientales más restrictivas que limitan que residuos orgánicos vayan al vertedero (Smith *et al.*, 2001). Existen experiencias de compostaje domiciliario en países como España, Holanda, Canadá, Suecia, Austria, Bélgica, Estados Unidos e Inglaterra. Nuestro país, y en particular nuestra provincia de Córdoba, no deberían estar ajenos a esta tendencia mundial. Sin embargo según el Diagnóstico Provincial de los Sistemas de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos, además del departamento Capital, sólo cuatro localidades del interior lo practicaban al año 2010.

Aunque todavía con poco alcance, en la actualidad el número de comunas y municipios que han comenzado a considerar la difusión del compostaje domiciliario se ha incrementado. Un ejemplo es la Localidad de Unquillo, que en su Plan de Gestión Integral de RSU contempla compostaje, tanto en la modalidad centralizada como domiciliaria. Por su parte, Villa La Serranita, dentro de sus políticas ambientales, ha

implementado un Plan de Ordenamiento Territorial y ha contemplado la práctica del compostaje domiciliario como alternativa de disminución de costos en las tareas de recolección de residuos y modo de preservar el ambiente.

Si el compostaje domiciliario se transformara en una alternativa de tratamiento difundida entre las comunas y municipios de la provincia, será necesario conocer el tipo y cantidad de residuos orgánicos que se generen. Esto permitirá que el compostaje realizado por los vecinos, además de ayudar a reducir el volumen de residuos, genere material que pueda utilizarse como enmienda orgánica, potenciando los beneficios ambientales, a saber: reducción de residuos y producción de una enmienda.

La reducción de la generación de residuos depende mucho de la cantidad de residuos orgánicos que se generan por habitante, fuertemente relacionada con aspectos económicos y sociales de cada población. Por ejemplo el Reino Unido según Bench *et al.* (2005) presenta valores máximos de la fracción orgánica de alrededor del 20 %, en la India según Körner *et al.* (2008) los valores promedios son de 80 %, mientras que en Cuba el promedio es de 65 %.

La producción de una enmienda depende fundamentalmente de las materias primas utilizadas, así como del proceso que tenga lugar durante para su producción. Así como la cantidad de residuos orgánicos generados varía ampliamente entre ciudades, la composición es también propia de cada lugar. Para que el uso del compost (enmienda orgánica) sea una alternativa viable, debe tener una calidad agronómica adecuada en el tiempo. Impurezas en los materiales de partida y aspectos tales como contenido y estabilidad de la materia orgánica, capacidad fertilizante y presencia de contaminantes deben tenerse en cuenta en la valoración agronómica del compost (Moreno-Casco y Moral-Herrero, 2008).

En este marco, la comuna de Villa la Serranita de la provincia de Córdoba se ha propuesto, por medio del compostaje domiciliario, reducir la generación de residuos orgánicos y a su vez producir compost de calidad. El desarrollo de este trabajo de tesis tendrá lugar mediante la cuantificación de la reducción de los residuos orgánicos y la medición de la calidad agronómica de la enmienda que se obtenga en el compost producido por los vecinos de esta comuna, con el objetivo de evaluar la factibilidad técnica y ambiental de la implementación del compostaje domiciliario como una nueva herramienta de gestión de la fracción orgánica de los residuos domiciliarios.

HIPÓTESIS

El modelo tecno-organizativo de compostaje domiciliario para tratar sus residuos sólidos orgánicos domiciliarios (de aquí en adelante RSOD) en el hogar será adoptado de manera aceptable en la comuna de Villa La Serranita, permitiendo a los vecinos obtener un compost de calidad agrícola aceptable y a la comuna reducir la cantidad de residuos que actualmente se transportan y disponen en un vertedero, disminuyendo el impacto ambiental y los costos asociados a la gestión, en comparación con el modelo vigente.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el compostaje domiciliario como modelo de gestión para el tratamiento de los RSOD de la Comuna de Villa La Serranita en comparación con el actual.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar el grado de apropiación de la práctica del compostaje domiciliario por los vecinos.
2. Cuantificar y caracterizar los RSOD generados en la comuna.
3. Determinar el volumen de RSOD desviados de la corriente de disposición final.
4. Determinar la calidad agrícola del compost obtenido y recomendar potenciales aplicaciones.
5. Comparar cuantitativamente el impacto ambiental del compostaje domiciliario con el tratamiento vigente.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Zona de estudio:

El trabajo de tesis que se presenta medirá los resultados de una prueba piloto de compostaje domiciliario que llevará a cabo la Comuna de Villa La Serranita, comunidad ubicada en la provincia de Córdoba que cuenta con aproximadamente 80 familias de residencia permanente.

Para sensibilizar a la población en la práctica de compostaje domiciliario, un Grupo de técnicos del INTI GRSU y del INTA Prohuerta, han realizado una serie de seminarios-talleres con el objetivo de dar a conocer sus ventajas ambientales y el modo de operar una compostera en el hogar.

Selección de la muestra a estudiar:

La prueba piloto será llevada a cabo en aproximadamente veinte (20) hogares de la comuna, seleccionados dentro de la población permanente, pudiendo tener o no experiencia en el compostaje. Algunos de los hogares tenidos en cuenta en el estudio serán vecinos que se manifestaron interesados en participar de manera voluntaria (han participado de charlas de sensibilización dictadas por INTI-INTA durante el año 2011) y otros han sido incorporados previa aceptación de invitación realizada por personal de la Comuna.

Se realizará el seguimiento de la operatoria de un grupo de composteras, en el período comprendido entre agosto de 2012 y junio de 2013 a los hogares que participarán de la prueba piloto. Los vecinos dispuestos a participar del seguimiento, reúnen las siguientes características:

- Viven permanentemente en la comuna.
- Cuentan con espacio verde suficiente como para compostar residuos de cocina y jardín.

Además, se han mostrado dispuestos a:

- Operar la compostera con los RSOD que se generen, según el instructivo que les ha sido entregado y ser asesorados técnicamente para garantizar que puedan sostener la práctica del compostaje en sus domicilios.
- Que se les realice el seguimiento durante un año. Las actividades serán el pesaje de los RSOD que generen y la toma de muestras del compost dos veces al año (agosto-diciembre: temporada 1 y enero-mayo: temporada 2).
- Recibir asistencia técnica y capacitación, acceder a una visita de seguimiento en sus domicilios por los técnicos una vez por mes.

Instrucciones a los vecinos que se analizarán:

Cada hogar fue provisto de una compostera construida con recortes de madera, cuyas dimensiones han sido determinadas de acuerdo al número de habitantes del hogar (uno o dos, tres a cinco y más de cinco); y en base a estimaciones de la cantidad de RSOD generado promedio por habitante/día y cantidad de RSU generado promedio por habitante/día.

Como se ha mencionado anteriormente, los vecinos participantes han recibido asesoramiento técnico a los fines de que el proceso de compostaje se lleve adelante de manera homogénea, ya que las prácticas de compostaje no serán una variable en estudio.

La asistencia técnica y capacitación tuvo lugar desde las semanas previas al inicio del estudio, y están contempladas las visitas de seguimiento destinadas a subsanar problemas operativos, así como un seguimiento a distancia haciendo uso de diferentes herramientas virtuales. Entre agosto de 2012 y junio de 2013, se realizarán alrededor de 30 visitas.

Para la transferencia de las prácticas de manejo recomendadas a los vecinos se elaboró un instructivo que ha sido entregado, en el cual se detallaron, entre otros, los siguientes aspectos:

- La selección de los RSOD a incorporar a la compostera, evitando aquellos que puedan atraer roedores (carnes y lácteos) y a sus depredadores; y los que sean capaces de impactar negativamente en los suelos enmendados con el compost obtenido (comidas elaboradas). Se consideraron tres categorías: **poda-jardín**: hojas, césped, ramas, malezas y plantas herbáceas; **cocina**: restos de frutas y verduras, embalajes biodegradables (cartón, papel), servilletas de papel-rollos de cocina y otros como yerba, café y saquitos de té; y **estiércoles** provenientes de animales como conejos, caballos y rumiantes como vacas, cabras y ovejas.
- El modo de introducir los residuos: triturado parcial en el momento de su incorporación a la compostera.

A su vez, se le entregará a cada vecino una planilla para que registre los RSOD que ingresarán a la compostera, donde consten las cantidades y tipos de residuos incorporados (poda-jardín, cocina y estiércoles) y el momento en que fueron introducidos a la compostera.

1. Evaluación de la apropiación de la tecnología de compostaje domiciliario.

Durante las primeras visitas a la Comuna, se realizaron encuestas a los vecinos participantes a los fines de identificar la ubicación y características de los hogares y las costumbres de los vecinos sobre generación de residuos tales como tipo de residuos generados, conocimiento y aplicación de prácticas de compostaje, entre otras.

A su vez, durante el desarrollo de la ejecución de la prueba piloto, se efectuarán encuestas de seguimiento a los vecinos, con el fin de conocer la evolución de la práctica del compostaje dentro de los hábitos cotidianos por parte de los vecinos; se intentará identificar y analizar los inconvenientes operativos que podrían desalentar esta práctica. Al final del estudio, se volverá a realizar una encuesta que recabará información sobre la disponibilidad y confianza adquirida por los vecinos en relación a esta práctica cotidiana y su intención de sostenerla en el tiempo.

2. Caracterización cuali-cuantitativa de residuos orgánicos generados en la comuna.

Se realizará la caracterización cuali-cuantitativa del RSU generado en la comuna Villa la Serranita según la metodología propuesta por Cantanhede *et al.* (2005), junto a técnicos del INTI expertos en GRSU, a los fines de conocer los siguientes indicadores:

a-Cantidad de residuo generado promedio [kg RSU/ habitante.día]	Se relevará información secundaria sobre los volúmenes de residuos que la Comuna envía por día/mes o semana al sitio de disposición final.
b-Cantidad de residuos generados, por fracciones [kg/ habitante.día]	Se realizará un estudio de caracterización de los residuos generados en Villa La Serranita (metodología del cuarteo IRAM 29523). Esta caracterización se repetirá 3 veces para comparar las variaciones según épocas del año.
c-Tipos y proporciones de RSOD generados por los habitantes	Para relevar los tipos y volúmenes de RSOD generados en Villa La Serranita se cuantificarán por separado los residuos de cocina y los de jardín (césped, poda pequeña y hojas). Esta metodología será aplicada igualmente, según épocas del año.

De esta caracterización, se tomarán muestras de la fracción orgánica humificable –esto es RSOD-, para ser sometida a análisis de laboratorio, a saber:

- pH en relación 1:5 (RSOD/agua destilada), según Campitelli y Ceppi (2008)
- Conductividad eléctrica en relación 1:5 (RSOD/agua destilada), según Campitelli y Ceppi (2008)
- Contenido de carbono oxidable por calcinación a 550 °C, según método de Page *et al.* 1982.
- Contenido de nitrógeno total por el método Kjeldhal (A.O.A.C. Official Method 960.52)
- Calculo de la relación C/N.

La muestra que se analizará en el laboratorio de enmiendas orgánicas de la FCA-UNC, corresponderá a la fracción orgánica de todos los hogares que tienen el servicio de recolección domiciliaria. Los resultados de estos análisis permitirán saber si hay diferencias significativas en las características del RSOD recolectado a través del sistema de gestión actual, comparado con el RSOD recolectado de manera diferenciada por el vecino para luego introducir en su compostera.

A la fecha, se ha llevado a cabo la primera caracterización en el mes de mayo y se proyectan dos nuevos estudios de este tipo en el mes de noviembre de 2012 y en el mes de abril de 2013.

3. Cálculo del balance de masa del proceso de compostaje

Se cuantificará la cantidad de RSOD que se pueden desviar de la corriente tradicional de residuos de la comuna (a la entrada a la compostera) y de compost que se puede obtener (a la salida de la compostera), en el seguimiento se contabilizará la cantidad (en masa) de RSOD que ingresan a la compostera y de compost que se obtiene.

Los vecinos acopiarán los RSOD diferenciados para compostar en forma de pilas. De la primera pila, que se formará a los 20 días de iniciado el acopio, se registrarán la cantidad y tipo (cocina o jardín) de residuos. Del resto de las pilas que construyan los vecinos, solo se tendrá en cuenta la cantidad de RSOD acopiados a los fines de conocer la cantidad que se evita el municipio tenga que recolectar, transportar y disponer en un vertedero.

4. Evaluación de la calidad agronómica del compost obtenido

Al inicio de este estudio, se realizará un análisis de la calidad del agua del lugar, ya que la misma será utilizada en la práctica de manejo de humedad, y podría repercutir en los resultados del análisis de conductividad eléctrica realizada a las enmiendas. La caracterización de los RSU de la Comuna, y el análisis químico la fracción de RSOD, tanto de cocina como de jardín, ya fue descrito en el ítem 2 de este plan.

Se le pedirá a los vecinos que formen una pila con los RSOD, que se le indicaron, generados durante los primeros veinte días de la experiencia (*primera pila*). Esta *primera pila*, que los vecinos luego compostarán, será la que una vez terminado el proceso de compostaje, se someterá a los análisis de calidad que se detallarán seguidamente. El inicio del proceso de compostaje se considera cuando se completa la primera pila (día 20); en este momento deberá medirse la temperatura para corroborar si se alcanzó la fase termófila. La medición se realizará tres veces, en el centro de la pila durante los tres primeros días de iniciado el proceso, con un termómetro de pinche con visor digital. Este aspecto tiene relevancia por la repercusión directa en la calidad sanitaria del compost final (Campitelli, 2010).

Durante el proceso de compostaje se controlarán las siguientes variables:

- **pH:** Se medirá al inicio del proceso de compostaje, cada 15 días y luego durante el análisis de calidad que se realizará al finalizar el proceso.
- **Aireación:** Se recomendará el volteo atendiendo a los indicadores de aireación detallados en el instructivo.
- **Temperatura:** Se medirá al día cero y durante los primeros tres días del ensayo, a la mañana y a la tarde, y luego con una frecuencia mínima de 15 días.
- **Humedad:** Se deberá corroborar la humedad correcta al momento de incorporar residuos, de acuerdo a la metodología que se detallará en el instructivo. En caso que fuera necesario, se humedecerán los residuos, o se secarán con agregado de material seco como hojas y trozos de ramas.

La cosecha del compost de la primera pila se realizará a fines de noviembre, momento en que se tomarán las muestras para efectuar el análisis de calidad. Se tomará una muestra compuesta y representativa en el centro de la pila. Los análisis de calidad a efectuarse serán:

- pH, conductividad eléctrica, contenido de carbono oxidable y contenido de nitrógeno total (con lo cual se realiza la relación C/N), según las metodologías de los autores que se nombraron en la sección 2.
- Test de fitotoxicidad según el método de Zucconi *et al.* (1981).
- Contenido de patógenos, según Benito *et al.* (2003).
- Contenido de metales pesados, según Rosal *et al.* (2007).

Los análisis de calidad serán utilizados para realizar la categorización de la calidad a través del software “Compost Predictor” (Campitelli y Ceppi, 2011), que permite categorizar los materiales compostados en función de parámetros químicos y biológicos. Luego de asignarse las calidades obtenidas, se calcularán las

proporciones de hogares que obtuvieron las distintas calidades (histogramas de frecuencia) y se propondrán usos que los diferentes compost podrán tener como enmienda orgánica.

5. Comparación del impacto ambiental del compostaje domiciliario con el tratamiento vigente.

Este diagnóstico buscará cuantificar las potenciales (des)ventajas ambientales respecto al modo vigente en que se gestionan los residuos orgánicos.

La metodología a utilizar

Conocida como “Evaluación de Ciclo de Vida (ECV) de producto”; esta metodología permite identificar impactos ambientales potenciales, a través de la cuantificación del uso de recursos (materiales y energéticos) y la generación de emisiones (sólidas, líquidas y gaseosas), en cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto o proceso.

La ECV ayuda a tomar decisiones; es una técnica de relevamiento y análisis de datos de las etapas de una cadena; en nuestro caso desde que el residuo es generado hasta que recibe una disposición definitiva. La ECV puede considerarse como la primera y única metodología de evaluación ambiental patronizada internacionalmente por las normas de la serie ISO 14040. Esta norma contiene tres partes, el inventario, la evaluación de impacto, y la evaluación de la mejora.

Un ECV puede clasificarse de acuerdo con los límites que se consideren al inicio y al final del sistema analizado, en relación al entrono; la siguiente tabla los presenta:

Alcances del estudio ¹	Etapas consideradas
de la cuna a la tumba (cradle to grave)	Extracción y procesamiento de la materia prima, producción, distribución, uso, y disposición final.
de la cuna a la puerta (cradle to gate)	Extracción y procesamiento de la materia prima, productos intermedios y fabricación de producto principal.
de la puerta a la tumba (gate to grave)	Distribución, uso y disposición final del producto.

Tabla 1: Alcances posibles en una Evaluación de Ciclo de Vida. **Fuente:** Tillman y Baumann (1995)

El tipo de ECV a utilizar en esta tesis sería del tipo “comparativo” (entre diferentes alternativas y/o productos), con un alcance “gate to grave” (desde la puerta a la tumba) y “simplificado” (podrán omitirse datos para reducir el tiempo del estudio).

La herramienta seleccionada

Para este estudio de caso, se utilizará el software SimaPro 7.3.2 versión PhD, de origen holandés, fue creado y distribuido por PRE Consultants. Este software permite modelar productos y sistemas desde la perspectiva del análisis de ciclo de vida. Permite construir modelos de un modo sistemático y transparente, usando características como parámetros y Análisis Monte Carlo.

Simapro viene integrado totalmente con la base de datos Ecoinvent, de amplio alcance internacional. Presenta datos de distintos países de Europa, promedios de regiones y datos de Latinoamérica. Además el software presenta distintos métodos de evaluación de impactos ambientales. Todas las bases de datos están totalmente armonizadas sobre la estructura, y encajan perfectamente con todos los métodos de evaluación de impacto de SimaPro.

El objeto de estudio seleccionado

Para este caso de estudio, se comparará el tratamiento de los RSOD denominado “compostaje domiciliario” vs el “actual modo de gestión”, que significa el transporte y enterramiento sanitario de los RSOD

¹ Actualmente también son elaborados estudios de ECV del tipo “cradle to cradle” (de la cuna a la cuna), para materiales reciclables, como por ejemplo aluminio.

generados en la comuna de Villa la Serranita en el vertedero controlado la ciudad de Córdoba. El flujo de RSOD a evaluar, no será el total de la comuna, sino los generados por una familia promedio de Villa la Serranita.

LISTADO DE SIGLAS UTILIZADAS

- BCA:** Basurales a cielo abierto.
- ECV:** Evaluación del Ciclo de Vida.
- ENGIRSU:** Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.
- RSOD:** Residuos Sólidos Orgánicos Domiciliarios.
- RSU:** Residuos Sólidos Urbanos.
- SAyDS:** Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

PLAN DE TAREAS

	mayo	junio	julio	ago	sept	oct	nov	dic	enero	feb	marzo	abril	mayo	junio	julio	ago
1- Evaluar la apropiación de la tecnología por los vecinos																
1 Revisión bibliográfica y entrevista a técnicos referentes																
2 Elaboración de la encuesta para los vecinos																
3 Observación y encuesta a los vecinos																
2- Caracterizar los RSU de la comuna																
1 Caracterización de la tasa de generación de RSU de Villa La Serranita																
2 Caracterización de tipo y cantidad de RSU de la comuna																
3 Caracterización de hogares que actualmente compostan																
4 Dimensionamiento de costos actuales para recolectar y disponer los RSU																
5 Registro de datos climáticos de la zona																
3- Calcular el balance de masa de las composteras																
1 Diseño experimental y metodológico																
2 Elaboración del instructivo y planillas de registros para entregar a los																
3 Elección y gestión del equipamiento necesario para la metodología.																
4 Elección de los parámetros de medición, técnicas de laboratorio y																
5 Presentación del estudio, entrega de equipamiento, composteras e																
6 Relevamiento de la cantidad de RSOD dispuestos en composteras																
7 Elaboración del balance de masa de la temporada 1																
8 Elaboración del balance de masa de la temporada 2																
4- Evaluar la calidad del compost obtenido																
1 Diseño experimental y metodológico																
2 Elaboración del instructivo y registros para entregar a los vecinos																
3 Elección de los parámetros de medición, técnicas de laboratorio y																
4 Presentación del estudio y entrega de instructivos																
5 Toma de muestras de RSOD y análisis en el laboratorio																
6 Toma de muestras de compost y análisis en el laboratorio																
7 Resultados de calidad obtenida y recomendaciones de usos posibles																
5- Evaluar comparativamente el impacto ambiental																
1ª PARTE - Conocer la herramienta de análisis																
1 Estudiar la metodología de "análisis de ciclo de vida"																
2 Caracterizar el actual sistema de recolección y disposición de RSU																
3 Caracterizar la posible alternativa de tratamiento (Compostaje Domiciliario)																
2ª PARTE - Elaborar definiciones metodológicas																
4 Definición de alcance																
5 Definición de los límites del sistema y unidad funcional																
3ª PARTE - Recolección de datos																
6 Elaboración de modelo tentativo en SimaPro																
7 Recolección de datos (información de campo + consulta bibliográfica)																
8 Análisis crítico de datos																
9 Validación de los datos del inventario																
4ª PARTE - Analizar la información																
10 Cálculo de los impactos potenciales																
11 Análisis de los resultados																
12 Elaboración de conclusiones																

CONDICIONES DE TRABAJO

Trabajo institucional

- a. La coordinación de las tareas de campo en la Comuna, se realizarán en la Unidad de Extensión del Centro Regional Córdoba del INTI.
- b. Los análisis de laboratorio de los materiales iniciales y de los compost obtenidos para su posterior clasificación en calidad agronómica, se realizará en el Laboratorio de Coloides y Enmiendas Orgánicas, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Nacional de Córdoba.
- c. La evaluación comparativa de impacto ambiental del compostaje domiciliario, se trabajará en el Área de Ecología Industrial del Centro Regional Córdoba del INTI.
- d. Se realizará también el trabajo de campo con los vecinos de la comuna de Villa La Serranita.

Equipamiento a utilizar

- a. En el trabajo de campo con los vecinos se utilizará: Balanza y Termómetro digitales.
- b. En el trabajo de laboratorio para los análisis se utilizará: muflas, pHmetros, conductímetros, digestores, materiales de vidrio y reactivos, cámara de germinación, tituladores kjeldhal. En la clasificación de los compost obtenidos se utilizará el software "Compost Predictor" (Campitelli y Ceppi, 2011)
- c. En el trabajo de evaluación de impacto ambiental se utilizará: software SimaPro 7.3.2 versión PhD, creado y distribuido por PRE Consultants.

Curso de inducción a la Evaluación del Ciclo de Vida en INTI-Córdoba.

A partir de agosto de 2012, se harán cinco encuentros semanales de 2 horas de duración. Los contenidos a revisar son:

- a- Conceptos básicos: Significado y estructura de un ECV; definiciones metodológicas (alcance, límites, unidad funcional, comparación).
- b- Inventario ambiental: Recolección de datos (fuentes primarias y secundarias); datos globales (uso de energía eléctrica, gas natural, leña, combustibles; transporte) adecuación de datos, regionalización de datos.
- c- Evaluación de datos y obtención de resultados: Selección de impactos a evaluar; ponderación de impactos; resultados obtenidos; Variabilidad de resultados; datos de mayor relevancia; Escenarios alternativos;
- d- Herramienta de Análisis: Introducción al uso del software. Carga de datos, bases de datos incluidas, regionalización de perfiles, creación de perfiles.
- e- Casos de Estudio: Desarrollo de un caso modelo. Principales inconvenientes, resultados obtenidos, utilización de resultados, lecciones aprendidas.

ANEXO I – EL TRABAJO PREVIO DEL INTI

Se propone desarrollar esta tesis de maestría en el marco de un proyecto más amplio del Centro Regional Córdoba, a través de la Unidad de Extensión y del Área de Ecología Industrial, que comenzó en diciembre de 2009. El proyecto del INTI busca, integrando diversos actores del ámbito académico, de la producción y el gubernamental, crear puentes entre iniciativas que emergen desde la institución y las posibilidades de aplicarlas en nuestro entorno urbano.

El INTI entiende que el “compostaje domiciliario”, aunque siendo parte de un conjunto de soluciones, puede ser un tratamiento efectivo. El proyecto busca revisar, diagnosticar; y corroboración de la necesidad, y al mismo tiempo potencialidad, de impulsar el compostaje en el hogar de los RSOD como un modelo tecno-organizativo que pueda aportar a las alternativas de gestión.

¿Qué?	¿Quiénes?
Capacidad de medición: Conformación de Laboratorio de enmiendas orgánicas	Centro Regional Neuquén.
Pre proyecto: Elaboración de documento “Residuos Orgánicos Domiciliarios. Aportes a una solución posible”	Área de Ecología Industrial y Unidad de Extensión – Centro Regional Córdoba.
1º Tutoría: Diseño de una compostera para fabricación y uso local.	Tesistas de la carrera de Diseño Industrial. FAUDI – UNC
2º y 3º Tutoría: Evaluación de viabilidad técnica y económica de un emprendimiento que fabrique composteras.	Tesistas de la carrera de Ingeniería Industrial. UTN + UNC
Encuentro²: Jornada de trabajo con actores experimentados en el diseño, fabricación, uso y promoción de composteras/compostaje domiciliario.	28 participantes de distintos orígenes e instituciones
Convenio de cooperación: Convenio de cooperación con investigador de la UNRN para compartir los resultados de la experiencia en Compostaje Domiciliario.	Investigador de la Universidad Nacional de Río Negro.
Registro de propiedad intelectual: Registro en el INPI del Modelo Industrial realizado por los Diseñadores Industriales.	OPI- INTI + OPI UNC
Audiovisual INTI-Medios: Elaboración de un Audiovisual sobre Tecnologías para Compostaje Domiciliario ³ .	Área Comunicación y Participación Social- INTI + Vecinos de la ciudad.
Relevamiento de vecinos que compostan: 1) Elaboración de base de datos de vecinos que compostan en la ciudad de Córdoba. 2) Elaboración de una encuesta para relevar las prácticas locales respecto al uso de esta tecnología.	Alumnos de Cátedra de Problemática Ambiental -Escuela de Biología. FCEfyN
Taller de compostaje domiciliario: Participación en el III Encuentro de los Pueblos por el ambiente- Pabellón Argentina, UNC ⁴	En conjunto con el INTA-ProHuerta
Taller de elaboración de Compost domiciliario⁵. Lugar Villa El Chocón.	Centro Regional Neuquén.
Taller teórico-práctico de compostaje domiciliario. Lugar: comuna de Villa la Serranita ⁶	Unidad de Extensión - Centro Regional Córdoba.
Convenio de cooperación: con comuna de Villa la Serranita, para difundir e implementar el Compostaje Domiciliario entre los vecinos.	Comuna de Villa la Serranita

El proyecto tiene como propósito lograr que cualquier municipio, comuna, institución, u organización social, que se proponga fomentar el compostaje domiciliario, disponga de la información y las herramientas adecuadas para hacerlo. Para esto se ha propuesto desarrollar un modelo tecno-organizativo para el tratamiento de los RSOD a través del compostaje domiciliario, para que cualquier vecino pueda acceder de manera sencilla a los medios necesarios para hacerlo de un modo eficaz, económico y seguro.

² Presentaciones del Encuentro 2010 <https://sites.google.com/site/tecnologiacompostdomiciliario/>

Nota del Noticiero Regional Centro <http://www.inti.gob.ar/cordoba/boletin/index.html>

³ “bienes naturales y tecnologías eco-sociales” Tecnologías para compostaje domiciliario <http://www.inti.gob.ar/intimedios/index.html>

⁴ III Encuentro de los Pueblos por el Ambiente <http://ambiente.blogs.unc.edu.ar/2011/07/3er-congreso-de-pueblos-por-el-ambiente.html>

⁵ Elaboración de Compost domiciliario http://www.inti.gov.ar/capacitacion/medioambiente/nqn_compostaje.htm

⁶ Registros del taller de compostaje en La Serranita 03-12-2011 <ftp://frommann:2b2bjuan@ftp.inti.gob.ar>

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Agencia Córdoba Ambiente, Gobierno de la Provincia de Córdoba. 2000. Diagnóstico Provincial de los Sistemas de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos. 70 pp.
- A.O.A.C. Micro-Kjeldahl Method, Official Method 960.52. 2005. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry, 18° edición. Dr. William Horwitz, Editor. Publicado por AOAC Internacional, Maryland, Estados Unidos.
- Arrigoni, J. P. 2011. Evaluación del desempeño de diferentes prototipos de compostadores en el tratamiento de residuos orgánicos. Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina. 126 pp.
- Benito, M., Masaguer, A., Moliner, A., Arrigo, N., Palma, R. 2003. Chemical and Microbiological parameters for the characterisation of stability and maturity of pruning waste compost. *Biol. Fert. Soils*. 37:184-189.
- Bench, M. L.; Woodard, R.; Harder, M.K.; Stantzos, N. 2005. Waste minimisation: home digestion trials of biodegradable waste. *Resources, Conservation and Recycling* 45: 84-94.
- Cantanhede, A.; Sandoval Alvarado, L.; Monge, G.; Caycho Chumpitaz, C. 2005. Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. *Hojas de Divulgación Técnica – CEPIS*, N° 97. ISSN N°: 1018-5119.
- Campitelli, P. 2010. Calidad de compost y vermicompuestos para su uso como enmiendas orgánicas en suelos agrícolas. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. 231 pp.
- Campitelli, P.; Ceppi, S. 2008. Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 90:64-71.
- Campitelli, P.; Ceppi, S. 2011. Compost Predictor. Software de Aplicación. Derecho de Autor. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. Expediente N° 975724.
- Campitelli, P.; Velasco, M.; Ceppi, S. 2006. Chemical and physicochemical characteristics of compost, soil and amended soil. *Talanta* 60:1234-1239.
- Castaldi, P.; Garau, G.; Melis, P. 2008. Maturity assessment of compost from municipal solid waste through the study of enzyme activities and water-soluble fractions. *Waste Management* 28: 534-540.
- Comité Europeo de Normalización (CEN). 2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. UNE-EN ISO 14040. Editorial AENOR. Bruselas, Bélgica.
- Crowe, M.; Nolan, K.; Collins, C.; Carty, C.; Donlon, B.; Kristoffersen, M. 2002. Biodegradable municipal waste management in Europe. Part 3: Technology and market issues. European Environment Agency. 32 pp.
- De Silguy, C. 1996. Historia de los hombres y su basura. La edad media hasta la actualidad. Cherche midi Editor. París, Francia. ISBN 978-2862744148. 226 pp.
- Moreno-Casco, J.; Moral-Herrero, R. 2008. Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. ISSN 9788484763468. 570 pp.
- Giménez, A.; Gea, V.; Huerta, O.; López, M.; Soliva, M. 2005. El reto de fomentar el consumo de los productos finales. II Congreso sobre residuos biodegradables y compost. Sevilla, España.
- Hoitink, H.A.J. 2000. Trends in treatment and utilization of solid wastes through composting in the United States. En: Warman P.R.; Taylor, B.R. (Eds). En: *Proceedings of the International Composting Symposium 1*: 1-13. CBA Press Inc., Nueva Escocia, Canadá.
- Huerta, O.; López, M.; Soliva, M.; Zaloña, M. 2008. Compostaje de residuos municipales: Control del proceso, rendimiento y calidad del producto. Documento resumen del trabajo del Grupo de Caracterización, tratamiento y diagnóstico de residuos orgánicos de la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona de la Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España. ISBN 978-84-693-3036-4. 330 pp.
- Jasim, S.; Smith, S.R. 2003. The Practicability of Home Composting for the Management of Biodegradable Domestic Solid Waste. Final Report. Centre for Environmental Control and Waste Management, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College, London.
- Kalamdhad, A. S.; Singh, Y. K.; Ali, M.; Khwairakpam, M.; Kazmi, A.A. 2009. Rotary drum composting of vegetable waste and tree leaves. *Bioresource Technology* 100: 6442-6450.
- Körner, I., Saborit-Sánchez, I., 2008. Proposal for the integration of decentralised composting of the organic fraction of municipal solid waste into the waste management system of Cuba. *Waste Management* 28: 64-72.
- Larsen, A.; Astrup, T. 2011. CO₂ emission factors for waste incineration: Influence from source separation of recyclable materials. *Información Tecnológica* 18 (6): 75-82.
- Lundie, S., Peters, G.M. 2005. Life cycle assessment of food waste management options. *Journal of Cleaner Production* 13: 275-286.
- Martínez-Blanco, J.; Colón, J.; Gabarrell, X.; Font, X.; Sánchez, A.; Artola, A.; Rieradevall, J. 2010. The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale. *Waste Management* 30: 983-994.

- Mason, I.G.; Oberender, A.; Brooking, A.K. 2004. Source separation and potential re-use of resource residuals at a university campus. *Resources, Conservation and Recycling* 40: 155-172.
- Miller, B. 2000. *Fat of the lan: garbage of New York. Four Walls Eight Windows*. Nueva York, Estados Unidos. ISBN 1568581726. 414 pp.
- Misra, R.V.; Roy, R.N.; Hiraoka, H. 2003. *On-Farm Composting Methods*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. ISSN 1729-0554. 51 pp.
- Moreno-Casco, J.; Moral-Herrero, R. 2008. *Compostaje*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. ISSN 9788484763468. 570 pp.
- Page, A.L.; Millar, R. H.; Keney, D.R. 1982. *Methods of soil analisis. Part 2. Agron. Monogr. 9*. A.S.A. & SSSA Madison, Wisconsin. ISBN: 0891180729.
- Papadopoulos, A.E.; Stylianou, M.A.; Michalopoulos, C.P.; Moustakas, K.G.; Hapeshis, 2009. Performance of a new household composter during in-home testing. *Waste Management* 29: 204-213.
- Pieters, R. G. M. 1986. Participation in source separation projects: Design characteristics and perceived costs and benefits. *Resources and Conservation* 12 (2): 95–111.
- Rosal, A.; Pérez, J.P.; Arcos, M.A.; Dios, M. 2007. La incidencia de metales pesados en compost de residuos sólidos urbanos y su uso agronómico en España. *Información Tecnológica* 18 (6):75-82.
- S AyDS. Estadísticas. Observatorio Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina.
- S AyDS, 2005. *Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU)* Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina.
- Seoáñez Calvo, M. 2000. *Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. ISSN N° 9788 471149015. 605 pp.
- Smith, A.; Brown, K.; Ogilvie, S.; Rushton, K., Bates, J. 2001. *Waste management options and climate change: Final report*. European Comissions, DG Enviroment. Número de Reporte: Final Report ED21158R4.1. 205 pp.
- Strasser, S. 1999. *Waste and want. A social history of trash*. Henry Holt and Company, LC. Nueva York, Estados Unidos.
- Tillman, A.M.; Baumann H. 1995. *General description of life cycle assessment methodology*. TEP report 1995:5, Chalmers University of Technology, Göteborg, Suecia.
- Woodard, R.; Bench, M.; Harder, M.K.; Santos, N. 2004. The optimisation of household waste recycling centres for increased recycling – a case study in Sussex, UK. *Resources, Conservation and Recycling* 43: 75-93.
- Zhuang, Ying; Song-Wei, Wu; Yun-Long, Wang; Wei-Xiang, Wu; Ying-Xu, Chen. 2007. Source separation of household waste: A case study in China. *Waste Management* 28 (10): 2022-2030.
- Zotos, G.; Karagiannidis, A.; Zampetoglou, S.; Malamakis, A.; 2009. Developing a holistic strategy for integrated waste management within municipal planning: Challenges, policies, solutions and perspectives for Hellenic municipalities in the zero-waste, low-cost direction. *Waste Management*, 29 (5): 1686-1692.
- Zucconi, F.; de Bertoldi, M. 1987. *Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste*. En: de Bertoldi, M, Ferranti, M.P., L'Hermite, P.; Zucconi, F. *Compost: Production, Quality and Use*. Comm. Of the European Communities: 30-50. Elsevier Applied Science. Londres, Inglaterra.

BIBLIOGRAFÍA A CONSULTAR:

- Baumann, H.; Tillman, A. M. 2004. *The Hitch Hicker's Guide to LCA: An orientation in life cycle assesment methodology and application*. Editado por Student litteratur. 1° edición. Suecia.
- Centro de simulación computacional. Instituto Tecnológico de Aragón. 2009. *Herramientas de Ecodiseño: Análisis del Ciclo de Vida de Productos*. Zaragoza. España.
- Damgaard, A. 2010. *Implementation of life cycle assessment models in solid waste management*. PhD Thesis. Department of Enviromental Engineering. Technical University of Denmark. Dinamarca. 82 pp.
- Legislatura de la Provincia de Córdoba. 2003. *Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos Asimilables a los RSU*. LEY 9088. Córdoba, Argentina. 6 pp.
- McDougall, F.R.; White, P. R., Franke, M.; Hindle, P. 2003. *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Editado por Blackwell Science. 2° edición. Oxford, Inglaterra.