



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y EDUCACIÓN AMBIENTAL
SOBRE EL COMPOSTAJE DOMÉSTICO**

T E S I N A

**QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:
ESPECIALISTA EN GESTIÓN INTEGRAL
DE RESIDUOS**

P R E S E N T A

MTRA. NAYELLI OCAMPO QUINTO

DIRECTOR: MMRN. JULIO CÉSAR LARA MANRIQUE

CUERNAVACA, MORELOS

MAYO, 2022

Cuernavaca, Morelos a 03 de abril de 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE, PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **NAYELLI OCAMPO QUINTO**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036999**, BAJO EL TÍTULO “**DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y EDUCACIÓN AMBIENTAL SOBRE EL COMPOSTAJE DOMÉSTICO**”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

ATENTAMENTE
Por Una Humanidad Culta

DRA. MAURA TÉLLEZ TÉLLEZ
(FIRMA ELECTRÓNICA)



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MAURA TELLEZ TELLEZ | Fecha:2022-04-03 15:01:32 | Firmante
mEpDrfBZMm9qjZvV+r6AY6tYP4WRVZz+MjsUJPCO9U+U1sF9Z2bnwFyVgRHY2+VowYRYANmbazPTJ42sYDA+hWbBVXS+ss4BkL9Z4nvTTGSfEX9kEMozU4VnROWzHKK
OHXYXkVs5AROX7tBsFQrPE6PBYZlmmwBA0m8SOuKQ2IAXPKWZwUwEUJ5SsBtUeabeQ0Xcvh8m3p0OoSyAKwFeRmTkUikSoltKhkLcMUQGPPB0nb2d7FwE4ZlJeV9a
MsK8xKzShpeY+UFgyInGxXGa+u+U1G2QkUo1JIVtrwg8s6aWET16RbCsYMF0UpmNlpEzS1T7/SaNCRaKw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



VAzlnbKeO

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/xsAktxpBrfCQUuB3pgsxBeKG6gOlzyJ>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023

Cuernavaca, Morelos a 27 de abril de 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DE LA ESTUDIANTE C. **NAYELLI OCAMPO QUINTO**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036999**, BAJO EL TÍTULO “**DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y EDUCACIÓN AMBIENTAL SOBRE EL COMPOSTAJE DOMÉSTICO**”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

ATENTAMENTE
Por Una Humanidad Culta

DR. ALEXIS JOAVANY RODRÍGUEZ SOLÍS
(FIRMA ELECTRÓNICA)



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ALEXIS JOAVANY RODRIGUEZ SOLIS | Fecha:2022-04-27 09:46:38 | Firmante
FsC+yMILfhny5CFAMS3iSa7GpPmu3/R0rZ+btSKOYepAu/yLT9GLHTNOBRC5vCZUDxAXtRwAu0tXm4La1wmtLx5PT7ufuOdue3Tr8MENIDB9xh6/aSoRe+X1CBvjmbSv6h4I8ZeBUby+OJg+MnGEL5hj1w8eqMsRABXqVGfCnKULy245gKE9A0YqRZSGJ7dB4Hj07pNWL8cbQNN1c97VU9M+GtmW1T3pUednBDMUj0SEOnPdb4vdgKbXNhbBZTWmSpFoAR0yIXiilnDFVW2adGL9N16ugoz95aDCzp+n5HAM/K1N6jTDyxu9/8Kq7hVFjQs9jvA8JdYg5ZSsqU4g==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



xWgrvONwq

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/012Ff12VgRtoERxczVTvNCjLqgnFnDGp>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023

Cuernavaca, Morelos a 29 de abril de 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE, PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DE LA ESTUDIANTE C. NAYELLI OCAMPO QUINTO, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036999**, BAJO EL TÍTULO “DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y EDUCACIÓN AMBIENTAL SOBRE EL COMPOSTAJE DOMÉSTICO”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

M en MRN. JULIO CESAR LARA MANRIQUE
(FIRMA ELECTRÓNICA)



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JULIO CESAR LARA MANRIQUE | Fecha:2022-04-29 14:13:34 | Firmante
jzPCherRJ980SEkG28jaG7d/RKjREUAj1F8b7NGMfxcUdJ5+0EePTfPlGmQM6ARWiuRP244whd8C29m2srjByvZrJXvZukvW6MkckCRtmS04XhfZEMEWrsTGdCStn/oKLEzA4
OI2IAeyNYdExSG8FfpJfiD+wktDK4Y/oU1wpkgsLwzySveNj4GGihJIHJFJ8Z6k0XL9CxY79rHYyQhf5lpRRKWKEAJ+4gpmS75317IUOpdUuFzaN+d1wIRBXGw0FFx0Rput6Sy2
MDPioxjogEkzgERhUKeSPYKgv5BLhBjV88DrHHYPAEpQHtId1Y+K3sCZsjwaT0joO/Hw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



1d05EAWTu

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/JWgbHqGsbYzohaAE4ILwR0OUObDK3ou8>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023

Cuernavaca, Morelos a 25 de abril de 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **NAYELLI OCAMPO QUINTO**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036999**, BAJO EL TÍTULO “**DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y EDUCACIÓN AMBIENTAL SOBRE EL COMPOSTAJE DOMÉSTICO**”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

M en I. ARIADNA ZENIL RODRIGUEZ
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ARIADNA ZENIL RODRIGUEZ | Fecha:2022-04-25 09:48:36 | Firmante

WwKe8lspQ5LClInhaW51jJudjo7dwWBdyXunA1Mxat9XcAAxj6otUm+cogOm4mcK19Zdgc0MOi89xbs1by3g6fNe0FMmEMHUegfEj8OkWoc96mKlH0xj4rIAqh4pOevF+dKqu5
CRApBwChNDfaiGXvP2e0Zm71I/25rpu2U2ArCFTw12Cj4y0V/kM7lcpUQxoMY3nKBdclTbgR+YiuSO8ha/bVHg3EFMgq3LmEib4dCrZn0CzvJtCOI4F2o2zPgvdC6Zs1DGYRW
u2P6/7RKjbeKPP3CulUZOnQE8/7SoCscw1XfCtvy0J5LgQ+TMCYxtfb9wQHnJF7LqtQLW==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[MclZJSd5n](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/yshXc8LkOz92HleMpu6UiHRzfpBlhEwT>

UA
EM

Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023

Cuernavaca, Morelos a 26 de abril de 2022

**COMISIÓN REVISORA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DE LA ESTUDIANTE C. **NAYELLI OCAMPO QUINTO**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10036999**, BAJO EL TÍTULO “**DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y EDUCACIÓN AMBIENTAL SOBRE EL COMPOSTAJE DOMÉSTICO**”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

DRA. MARÍA LUISA CASTREJÓN GODÍNEZ
(FIRMA ELECTRÓNICA)



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARIA LUISA CASTREJON GODINEZ | Fecha:2022-04-27 09:44:29 | Firmante
IAcO6qxi/R55p8XKwkd2l3P/D133Cj1XyukV9CjvtTsSWixwdk4lpxD67WBRbXDWISIDypVyXDslCX0UVac+n6HaNLfqDzpbqHpWu0x/iwBa4MHwP/Ue78FeKhQExw8HcbA/rz3sfc
aMCeeYXTFMhTxChBxnZ+aswY7td62tl2HcgGaljNRlo2sGWhyM0alHCAAt9tkQ23ovLx+HZv4As81DjinzJvwA+hvLHWFwWGcDX5w5rK2+Tgio8k4bID1d2nYpMyshbJppjN3FWTo
H1iPPCLg+aNbUHVpVpdEt8R+FUOkNzgpoczHkBgbaqiWYyAyBc7M81A2KcOOYNb6L6sVlg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



MOXH7pJRK

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/tl02lUoUllWXU7xNSCL9HGh8vgQm9c7w>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023

Resumen

Los Residuos Orgánicos (RO) constituyen el mayor componente de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se disponen en México (46% aproximadamente). Su manejo inadecuado tiene un costo económico y ambiental elevado. Ante esta problemática, el compostaje doméstico es una estrategia superior de manejo. Así, este trabajo contiene una revisión descriptiva de la literatura más reciente sobre los beneficios del compostaje doméstico. El objetivo del trabajo es describir, analizar y promover técnicas de aprovechamiento de residuos orgánicos a través del compostaje doméstico. La revisión incluye textos en inglés, publicados entre el 1° de enero de 2016 y el 28 de febrero de 2021, que reportan los hallazgos de experiencias de aprovechamiento de RO de origen domiciliario. Se identificaron beneficios del compostaje doméstico para el ambiente, la gestión de residuos y la población, así como factores determinantes del nivel de participación en programas de compostaje doméstico. Así mismo, se detallan los componentes y los resultados de las intervenciones más recientes de compostaje doméstico, haciendo evidente la carencia de estudios científicos para su análisis. A partir de esta información, se describen técnicas factibles de compostaje doméstico y se realiza la propuesta de un producto de comunicación, dirigida a familias con niños mayores de 3 años, para la promoción de esta actividad. Esta información facilitará a los gobiernos y a tomadores de decisiones la información necesaria para respaldar, estimular y desarrollar proyectos que promuevan la práctica del compostaje doméstico, así como para impulsar estudios científicos sobre esta forma de aprovechamiento de RO en México y América Latina.

Palabras clave: Residuos orgánicos, compostaje doméstico, lombricompostaje, vermicompostaje.

Summary

Organic Waste (OW) constitutes the largest component of urban solid waste in Mexico (46% approximately). Inappropriate handling of OW implies elevated economic and environmental costs. In response to this problem, home composting is a superior management strategy. Thus, this work contains a descriptive review of the most recent literature on the benefits of home composting. The objective of this work is to describe, analyze and promote the use of organic waste through home composting. The review includes texts in English, published between January 1st, 2016, and February 28th, 2021, which report the findings of home-based composting experiences. Benefits of home composting for the environment, waste management and the population were identified, as well as determinants of participation level in home composting programs. Likewise, the components and the results of the most recent home-based composting interventions are detailed in this paper, evidencing the lack of scientific studies on this subject. Based on this information, feasible home composting techniques are described, and a communication product for the promotion of home composting, aimed at families with children over 3 years of age, is proposed. This information will provide governments and stakeholders with the necessary information to support, stimulate and develop projects that promote the practice of home composting, as well as to promote scientific studies on this form of OW recycling in Mexico and Latin America.

Keywords: Organic waste, home composting, vermicomposting, worm composting

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I. Marco teórico.....	3
I.1 Modo de producción actual y problemática ambiental de los Residuos Sólidos Urbanos.....	3
I.2 Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos de origen domiciliario y su manejo	8
I.2.1 Normatividad aplicable a los Residuos Sólidos Urbanos orgánicos de origen domiciliario en México	8
I.2.2 Manejo usual de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos de origen domiciliario en México.....	11
I.2.3 Efectos ambientales y sociales del manejo inadecuado de residuos orgánicos.....	15
I.2.4 Manejo apropiado de residuos orgánicos compostables en los hogares.....	18
I.3 Estrategias de Educación para el Desarrollo Sostenible	22
Capítulo II. Planeamiento del problema y justificación.....	22
Capítulo III. Objetivos.....	27
Capítulo IV. Propuesta a implementar	28
Capítulo V. Principales hallazgos.....	31
V.1 Resultados.....	31
V.1.1 Técnicas de aprovechamiento de RO domiciliarios fuera de los hogares.....	31
V.1.2 Intervenciones recientes de compostaje doméstico.	34
V.1.3 Descripción de técnicas correctas de compostaje doméstico factibles de replicar.	41
V.1.4 Beneficios del compostaje doméstico.....	46
V.1.5 Recurso educativo para la promoción del compostaje doméstico.....	47
V.2 Discusión	51
Capítulo VI. Conclusiones.....	55
Referencias bibliográficas.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura I.1 Composición y origen de los Residuos Sólidos Urbanos en México.....	5
Figura I.2 Composición de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos en México.....	7
Figura I.3 Normatividad en materia de residuos para Cuernavaca, Morelos.....	11
Figura I.1. Manejo usual de la FORSU de origen domiciliario.....	12
Figura I.2. Proceso de biodigestión o digestión anaerobia.....	14
Figura I.6. Manejo apropiado de los residuos orgánicos.....	18
Figura I.7. Imágenes de composta (izq.) y lombricomposta (der.).....	19
Figura I.8. Varios tipos de composteros.....	21
Figura I.9. Objetivos de Desarrollo Sustentable.....	23
Figura I.10. ODS más vinculados con el aprovechamiento de RO de origen domiciliario.....	23
Figura IV.1. Propuesta a implementar.....	29
Figura V.1. Diagrama de flujo de selección de artículos para la revisión descriptiva.....	31
Figura V.2. Descripción de una técnica correcta de compostaje doméstico.....	44
Figura V.3. Descripción de una técnica correcta de lombricompostaje doméstico.....	45
Figura V.4. Algunas imágenes del libro “Lombrices Felices”.....	47
Tabla IV.1 Términos y campos de búsqueda en inglés.....	29
Tabla V.1 Experiencias de aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios fuera de los hogares.....	33
Tabla V.2 Características de estudios sobre intervenciones de compostaje doméstico.....	42
Tabla V.3. Beneficios de las intervenciones de compostaje doméstico.....	46
Tabla V.4 Factores determinantes de la participación.....	49

INTRODUCCIÓN

En México, la estimación de la generación diaria per cápita de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) fue de 0.99 Kg en 2012 y según las últimas estimaciones realizadas con datos de 2017 es de 0.944 Kg. Esto significa que su generación total es de 120,128 t al día aproximadamente. De esta cantidad, en promedio el 46% son Residuos Orgánicos (RO), según los datos oficiales más actuales (51.6% en 2012). La descomposición de estos RO, en las condiciones anaerobias de los rellenos sanitarios y de los Sitios de Disposición Final (SDF), produce altas emisiones de metano (CH_4). Gas de Efecto Invernadero (GEI) con un potencial de calentamiento global 28 a 34 veces superior que el del dióxido de carbono (CO_2). Dicho efecto contribuye al aumento global de la temperatura, que para México se traduce en fenómenos climáticos extremos. Así mismo, la degradación anaeróbica de RO produce lixiviados con concentraciones altas de contaminantes. Otros factores que se deben considerar son los costos ambientales por las emisiones de los vehículos que recolectan y trasladan estos residuos a los SDF, así como los costos económicos. Los últimos incluyen \$434.00 MXN por tonelada recolectada y \$122.00 MXN por tonelada dispuesta, así como la depreciación de maquinaria y vehículos (Boskovic *et al.*, 2013; IPCC, 2014; SEMARNAT, 2018a, 2020a; SNIARN, n.d.).

Una estrategia que reduce los problemas ocasionados por el manejo inadecuado de RO es el proceso de compostaje. En el cual la degradación de los RO ocurre de forma aerobia, produciendo CO_2 en lugar de CH_4 , reduciendo así su participación en el aumento de la temperatura global. El compostaje puede realizarse a cualquier escala, desde en compostas caseras hasta en reactores de magnitud industrial. Sin embargo y a pesar de sus beneficios para el ambiente, el compostaje no es una práctica ampliamente difundida. Por ejemplo, sólo seis entidades federativas de México (CDMX, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Veracruz) tienen instalaciones para realizar actividades de compostaje. Esto sugiere que en México la mayoría de los RO tienen un manejo inadecuado pues se disponen sin ningún tratamiento (Lundie & Peters, 2005; SEMARNAT, 2020a).

La composta, producto del proceso de compostaje, mejora la calidad del suelo al aumentar su cantidad de nutrientes y su capacidad de retención de agua. De manera que la composta puede ser utilizada en la agricultura y en jardines públicos y privados, disminuyendo el uso de fertilizantes sintéticos, así como el suministro de sustrato forestal. Además, el compostaje doméstico resulta una

buena estrategia para reciclar los RO, ya que no genera costos económicos ni ambientales de su transporte. Por tanto, un manejo correcto del compostaje permite el aprovechamiento de los RO, al mismo tiempo que se mitiga el deterioro ambiental. Sin embargo, cuando el proceso de compostaje no se realiza con suficiente aireación, también puede producir CH₄ y amoníaco. Es por esto que es importante promover el correcto manejo del compostaje que se realiza a pequeña escala en los hogares (FAO, 2013; Lundie & Peters, 2005; Vázquez & Soto, 2017).

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) indica que tanto los estados como los municipios de México deben desarrollar guías y lineamientos para la separación y el reciclaje de residuos, así como organizar y promover actividades educativas, de capacitación y de comunicación para lograr un manejo integral de residuos. A pesar de esto, la carencia de plantas de compostaje, junto con la escasa difusión del compostaje doméstico, indica que los gobiernos municipales y estatales no promueven el aprovechamiento de los RO. Al mismo tiempo, el compostaje no se contempla ni dentro del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2020-2024 del Plan Nacional de Desarrollo (PND), ni dentro de los compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático (Congreso de la Unión, 2018b; INECC, 2015; SEMARNAT, 2020b).

La omisión de la promoción del compostaje en el PND y en los compromisos para mitigar el cambio climático, podría dificultar que los gobiernos estatales y municipales de toda la república conozcan y consideren esta solución. Por ello, el presente trabajo contiene una revisión de la literatura que tiene como objetivo describir y analizar el compostaje doméstico para el aprovechamiento de RO y sus beneficios. Esta revisión, facilitará a los gobiernos, municipales y estatales, los conocimientos necesarios para desarrollar y apoyar proyectos que promuevan la práctica del compostaje doméstico para el aprovechamiento de RO. Finalmente, se expone una propuesta para la promoción del compostaje doméstico, dirigido a niñas y niños, así como a sus cuidadores primarios. Lo cual permitirá promover esta práctica que puede disminuir los costos económicos y ambientales del manejo inadecuado de los RO.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

I.1 Modo de producción actual y problemática ambiental de los Residuos Sólidos Urbanos

La forma habitual de consumo impide el cuidado del ambiente debido a que se rige por el capitalismo, cuyo objetivo es la acumulación de capital. Bajo esta lógica, la maximización de ganancias económicas es la condición necesaria para que las empresas consideren que tienen un buen rendimiento. Simultáneamente, el consumo suele ser la forma en la que las personas maximizan su percepción de bienestar. Por lo tanto, el capitalismo crea y abusa de una sociedad de consumo. Ésta, a su vez, actúa influenciada por la mercadotecnia para obtener comodidad, satisfacción, felicidad, aceptación, estatus e incluso autoestima a través de lo que consume. Por tal motivo, la población inmersa en esta orientación de consumo ignora, o siente apatía por cambiar, la huella de su consumo en el ambiente. En materia de residuos, esto implica una generación que rebasa la capacidad de manejo de los gobiernos (Bellamy-Foster *et al.*, 2010; Wong *et al.*, 2016).

Al mismo tiempo, el aumento acelerado de la población requiere de un mayor consumo de bienes materiales, lo que eleva la explotación de los recursos naturales. Consecuentemente, también aumenta la generación de residuos, así como su complejidad y toxicidad. Esto origina problemas graves, puesto que el ritmo de producción actual sobrepasa el límite de la capacidad de recuperación de los recursos naturales. Además, los residuos contaminan el ambiente, del cual dependemos para satisfacer nuestras necesidades básicas. Esto significa que nuestra forma de producción y consumo es insostenible. Por ende, las mejores soluciones para evitar la extracción inmoderada de recursos naturales, así como sus consecuencias, son disminuir el ritmo de consumo y aumentar el aprovechamiento de los residuos generados. Sin embargo, los patrones contemporáneos de consumo son una barrera importante en la adopción de un enfoque preventivo (Bellamy-Foster *et al.*, 2010; Wong *et al.*, 2016).

Los gobiernos deben gestionar las acciones de manejo de los residuos, desde la promoción de la reducción de su generación y del aumento de su separación adecuada, su reutilización y su reciclaje o tratamiento, hasta su transporte para su disposición final apropiada. Todo esto con eficiencia sanitaria, procurando valorizar los residuos y haciendo un uso eficiente de los recursos. Esta gestión requiere del mejoramiento constante de la normatividad y de una planeación correcta que

contemple los aspectos operativos y administrativos, así como los componentes educativos que permitan la aceptación social de las acciones de manejo necesarias en cada contexto. Si bien, esto no es una tarea sencilla, probablemente sería menos desafiante al priorizar acciones preventivas (Bellamy Foster *et al.*, 2010; Congreso de la Unión, 2018b).

Como ejemplo de las consecuencias de una elevada generación de residuos, México se enfrenta con una insuficiente cobertura de recolección y con una escasez de SDF apropiados. En cuanto a la cobertura de recolección, esta es de 83.87% de los residuos que se generan, lo que propicia que el 16.13% restante se quemem, entierren o depositen en calles, terrenos baldíos, barrancas, cuerpos de agua, etc. Aproximadamente el 87% de los SDF son a cielo abierto y sólo el 13% son rellenos sanitarios. Por consiguiente, sólo el 40.21% de los residuos generados se disponen en SDF que cumplen con especificaciones oficiales de protección ambiental (SEMARNAT, 2020a). Los residuos se clasifican en Residuos Peligrosos (RP), Residuos de Manejo Especial (RME) y RSU. De éstos, son los RSU los que se relacionan más estrechamente con los hábitos de los consumidores. A continuación, se explica qué son estos residuos y se aborda de manera general su generación, composición y problemática en México.

Los RSU son aquellos que se generan en los hogares por la eliminación de los residuos de los productos que se consumen y de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas. También son RSU aquellos con características domiciliarias que se generan en establecimientos privados y en vías y lugares públicos, mientras la ley no considere que son de otra índole. Como se muestra en la Figura I.1, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) indica que en México el 69.17% de la generación total de RSU es de origen domiciliario (aproximadamente 0.653 Kg por habitante al día). Los RSU se componen de Residuos Inorgánicos (RI) susceptibles de aprovechamiento (31.55%), de otros RI (22.03%) y de RO (46.42%). Los RI susceptibles de aprovechamiento son cartón, latas de aluminio, papel, botellas de PET, vidrio, entre otros. La categoría de otros residuos se integra por desechos como algodón, trapos, pañales desechables, etc. En el caso de los RO, estos incluyen cuero, madera, residuos alimentarios y residuos de jardinería (Congreso de la Unión, 2018b; SEMARNAT, 2018a, 2020a).

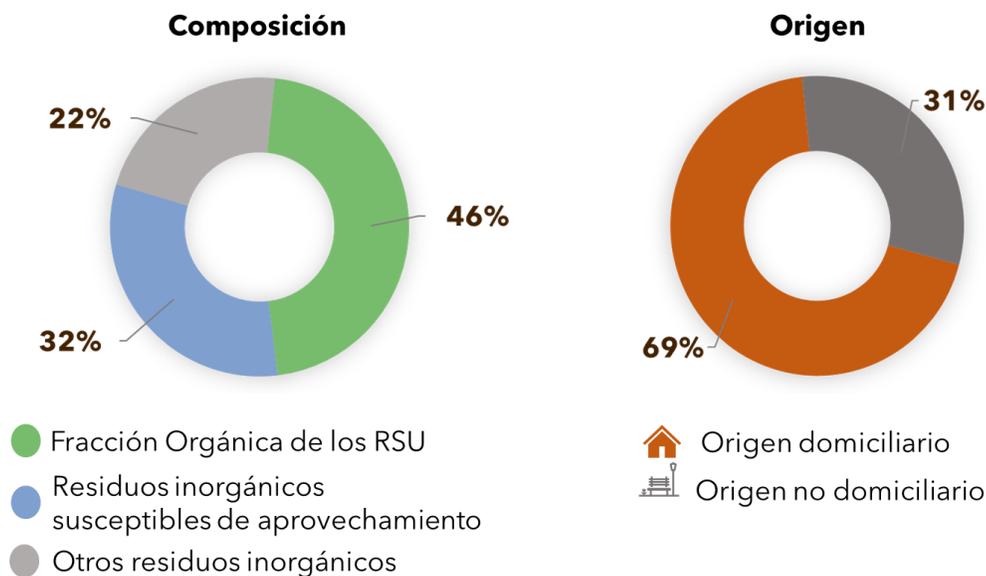


Figura I. 3. Composición y origen de los Residuos Sólidos Urbanos en México. Congreso de la Unión, 2018b; SEMARNAT, 2018a, 2020a.

Por su parte, la Fracción Inorgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FIRSU) está conformada por aquellos residuos que no son de origen biológico. Al ser materiales que no se descomponen de forma natural o que tardan mucho en degradarse, ocasionan problemas por la intensidad de su generación y por su bajo aprovechamiento. Actualmente no hay datos suficientes para estimar la cantidad de los residuos que se reciclan en México. Sin embargo, en 2012 se estimó que esta cifra fue del 5% de la generación total. Aunque el reciclaje puede disminuir la necesidad de la extracción y procesamiento de nuevos materiales, el 95% de la recolección de residuos se realiza de manera mixta. Esta falta de separación de los residuos dificulta la recuperación de materiales reciclables, puesto que se contaminan con materia orgánica y lixiviados. De tal manera, el desaprovechamiento de los RI acorta la vida útil de los SDF (OECD, 2020; SEMARNAT, 2015, 2020a).

En el caso de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU), su generación es de un 40.32% de la generación total en poblaciones de 30 a 40 mil habitantes y de hasta un 53.46% en lugares con menos de 10 mil habitantes. Se estima que 56,427 t diarias de RO podrían tratarse mediante compostaje o biodigestión, esto es el 46.97% de la generación total de los RSU. Es importante notar que la FORSU se compone en un 71.24% de residuos de alimentos y esto equivale al 33.07% de la generación total de RSU (D'Annolfo *et al.*, 2020; FAO, 2014; SEMARNAT, 2020a).

Para concebir las razones de la alta generación de residuos de alimentos, se debe antes comprender al sistema dominante de producción de alimentos y qué sistema representa una mejor alternativa. El primero evalúa a la calidad de la agricultura analizando sólo su rendimiento y su rentabilidad. Tal visión se centra sólo en maximizar la producción y las ganancias económicas, por lo que es indiferente ante sus externalidades negativas, tanto a corto como mediano plazo. Una de ellas es el deterioro del suelo cultivable, lo que convierte a este sistema de producción en uno no sostenible (D'Annolfo *et al.*, 2020; FAO, 2014; SEMARNAT, 2020a).

Al respecto, el sistema imperante asume que tanto el monocultivo como el uso de semillas de alto rendimiento, fertilizantes sintéticos y otros agroquímicos son fundamentales para producir alimentos suficientes para la población. Empero, existe una alternativa superior que puede realizarse a cualquier escala, la agricultura agroecológica. Ésta involucra la rotación de diversos cultivos, la integración de cultivos con ganado, la integración de cultivos de campo con cultivos de árboles, el cuidado del agua, la protección física de los cultivos contra depredadores, la aplicación de fertilizantes naturales y el cuidado de la calidad del suelo. En comparación con la agricultura química, puede producir casi la misma cantidad de alimentos, incluso a corto plazo y en países en desarrollo con escasez de tierras de cultivo. La diferencia en su rendimiento es pequeña y se reduce por la degradación acelerada de los suelos de cultivos que utilizan insumos sintéticos. Así, la agroecología podría aumentar el rendimiento de los cultivos y restaurar los suelos sin obstaculizar la producción de alimentos para la población, ni el lucro de los productores (Hawken *et al.*, 2010).

A diferencia de la agricultura convencional, la agroecología acepta que la compensación de un menor rendimiento a corto plazo es la sostenibilidad a largo plazo. Esto requiere del cuidado de la calidad del suelo con la aplicación regular de enmiendas orgánicas, como lo son residuos de cultivos, abonos animales y composta. El compostaje puede realizarse a cualquier escala a través del reciclaje de residuos de alimentos y residuos de poda y jardinería, convirtiéndolos en insumos, que de otra manera serían enviados a SDF. Sin embargo, el compostaje no es la práctica más usual, pues el cuidado del suelo no forma parte de la lógica del sistema de producción dominante. Por lo tanto, los conocimientos sobre esta forma de aprovechamiento de los RO para el cuidado del suelo tampoco se difunden ampliamente (Hawken *et al.*, 2010).

Es importante dimensionar que los RO susceptibles de aprovechamiento (residuos de alimentos y jardinería) representan un 94.59% de la FORSU (Figura I. 2). Aunque en México no existe un reporte sobre qué fracción de los residuos de alimentos son de origen vegetal, que son más factibles de ser compostados en los hogares, puede asumirse que esta práctica impulsaría el alcance de una cobertura total de recolección, entre otras ventajas (O'connell, 2011; SEMARNAT, 2020a; Zorpas *et al.*, 2018). Sin embargo, los gobiernos no priorizan al compostaje para la restauración de los suelos en el campo y tampoco visualizan su potencial para aprovechar los RO en los hogares.

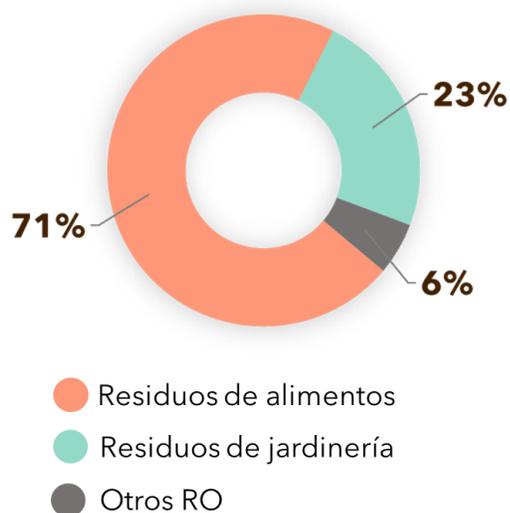


Figura I.4. Composición de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos en México Congreso de la Unión, 2020a.

De eso se desprende que en México no se estime de manera oficial el porcentaje de compostaje, que la práctica del compostaje doméstico no se fomente y que los gobiernos raramente instauren o promuevan programas de aprovechamiento de RO, accesibles y convenientes, para maximizar la participación de la población. Esta carencia de educación ambiental evita que la población conozca la importancia de compostar y los riesgos de no hacerlo. Por consiguiente, los hogares no tienen un enfoque de prevención y tienden a percibir que la responsabilidad del manejo de los residuos debe recaer sólo en la municipalidad (O'connell, 2011; SEMARNAT, 2020a).

Para poder proponer una solución al desaprovechamiento de los RO que pueda aplicarse en los hogares, es preciso tomar en cuenta la normatividad aplicable. De igual manera, es necesario conocer cuál es el manejo usual de estos residuos para identificar áreas de oportunidad de acuerdo

con las alternativas disponibles. Todo esto, teniendo en cuenta cuáles son las externalidades negativas de manejo un manejo inadecuado.

I.2 Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos de origen domiciliario y su manejo

I.2.1 Normatividad aplicable a los Residuos Sólidos Urbanos orgánicos de origen domiciliario en México

Este apartado presenta la normatividad mexicana, en relación con el manejo de la FORSU de origen domiciliario en los diferentes niveles de gobierno. Debe aclararse que la normatividad a nivel estatal y municipal es distinta en cada localidad, por lo que sólo se incluye el caso de Cuernavaca, Morelos a modo de ilustración (Figura I. 3). Esta información es importante para que la formulación de soluciones para el aprovechamiento de dichos residuos se realice de acuerdo con el contexto y la legislación vigente.

A nivel nacional, el artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) incluye los derechos a la alimentación nutritiva, la protección de la salud y a un medio ambiente sano. El artículo 27 indica que se deben tomar medidas para ordenar los asentamientos humanos procurando la preservación y la restauración del equilibrio ecológico, así como para fomentar la agricultura y para evitar la destrucción de los elementos naturales. Al mismo tiempo, en su artículo 115 indica que compete a los municipios hacerse cargo de la limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de RSU. Al mismo nivel, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), señala en su artículo 134 que, para prevenir la contaminación del suelo es necesario reducir la generación de residuos sólidos municipales e incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final de manera eficiente. La reglamentación de esta ley no menciona el manejo de los RSU (Congreso de la Unión, 2018a; SEMARNAT, 2017).

En el mismo nivel de gobierno, el artículo 18 de la LGPGIR, anuncia que, dentro de los programas municipales y estatales para la prevención y gestión integral de los residuos, podrán subclasificarse los residuos en orgánicos e inorgánicos. Sin embargo, el reglamento de esta ley no menciona tal separación de residuos. La misma ley define los términos utilizados en el ámbito de los residuos.

Esta ley también estipula que tanto los estados como los municipios deben desarrollar guías y lineamientos para la separación y el reciclaje de residuos. Así mismo, deben organizar y promover actividades de educación, capacitación y comunicación que faciliten un manejo integral de los residuos. Es importante notar que, el compostaje no se menciona ni dentro del PROMARNAT 2020-2024 del PND, ni dentro de los compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático (Congreso de la Unión, 2018b; INECC, 2015; SEMARNAT, 2017, 2020b).

En el orden nacional, también existen Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas que contienen fragmentos relacionados con los RO generados en los hogares. La Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, establece las especificaciones de protección ambiental para un sitio de disposición final de RSU y la NMX-AA-021-1985 indica el procedimiento de determinación de materia orgánica en los residuos sólidos municipales. En cuanto al aprovechamiento de los RO, existe la Norma Mexicana NMX-AA-180-SCFI-2018, que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento la FORSU y de RME, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales. En ese tenor, también se encuentra la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 Humus de lombriz (lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba, cuya aplicación está orientada hacia la producción y comercialización de hummus de lombriz en el territorio nacional (Secretaría de Economía, 2007, 2018; SEMARNAT, 2004).

Como ejemplo de una normatividad a nivel estatal, la Constitución Política del Estado de Morelos (CPEM) garantiza el desarrollo sustentable, así como la protección al ambiente en su artículo 85-E. Para el cuidado del suelo, el artículo 141 de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Morelos (LEEPAEM) aclara que se debe prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales e incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular un manejo y disposición final de manera eficiente. Así mismo, el artículo 145 de la misma ley estipula que los municipios deben regular la instalación y operación de centros de acopio de residuos sólidos municipales domésticos, orgánicos e inorgánicos, para su reúso, tratamiento y reciclaje (Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos, 2020).

En tal sentido el reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Morelos (LEEPAEM) no se ha actualizado desde 1997. Sin embargo, indica que es

competencia de la Secretaría de Desarrollo Ambiental, actualmente Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS), normar la política educativa de educación ambiental para prevenir la generación, reducir y reciclar los RSU, así como autorizar la construcción instalación y operación de sistemas para el manejo de estos, incluyendo el reciclaje. Adicionalmente, indica que corresponde a la misma secretaría fortalecer programas y acciones en materia de educación ambiental para disminuir el volumen de los desechos que requieren disposición final (Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos, 2020).

Dentro del marco jurídico del estado también se encuentra la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos (LRSEM) que señala, en el artículo 52, que la separación de residuos sólidos es obligatoria, conforme a sus características particulares en orgánicos e inorgánicos. El reglamento de esta Ley específica, en su artículo 59, que los ciudadanos deben entregar por separado los RO húmedos y los residuos secos de diferente tipo (Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos, 2020).

A continuación, se expone el ejemplo de la normatividad de la ciudad de Cuernavaca. En materia de la FORSU, el Reglamento de Aseo Urbano del Municipio de Cuernavaca menciona en el artículo 18, que los servicios de recolección deben aceptar los residuos previamente clasificados en orgánicos e inorgánicos. Reitera, en los artículos 22, 23 y 57, que los habitantes deben entregar sus residuos sólidos clasificados en orgánicos e inorgánicos y que no hacerlo amerita una amonestación con apercibimiento. Así mismo, entre otros puntos, el artículo 11 del Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Cuernavaca (REPAMC) contempla que los instrumentos de educación ambiental deben incluir el fomento de la minimización y el manejo adecuado de los residuos, así como la prevención de la contaminación y la difusión de conocimientos sobre el cambio climático y acciones para su mitigación. El artículo 24 del mismo reglamento dispone que, para la prevención y la contaminación del suelo, se promoverá el uso y reciclaje de residuos, que se promoverá la no utilización de plaguicidas, fertilizantes y otras sustancias tóxicas para el suelo y que el servicio municipal de recolección de residuos deberá regularse para establecer la obligación de la separación por parte de personas físicas y morales (Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos, 2020).

Es importante notar que no existe una normatividad que aborde directamente el aprovechamiento de la FORSU a nivel doméstico. Sin embargo, es importante resaltar que las actividades de

educación, capacitación y comunicación, cuya promoción es competencia de los estados y municipios, podrían ser clave para aumentar el aprovechamiento de estos residuos en los hogares. Por consiguiente, debe conocerse el manejo habitual de estos residuos para proponer alternativas que incrementen su aprovechamiento a partir de la transmisión de conocimientos.

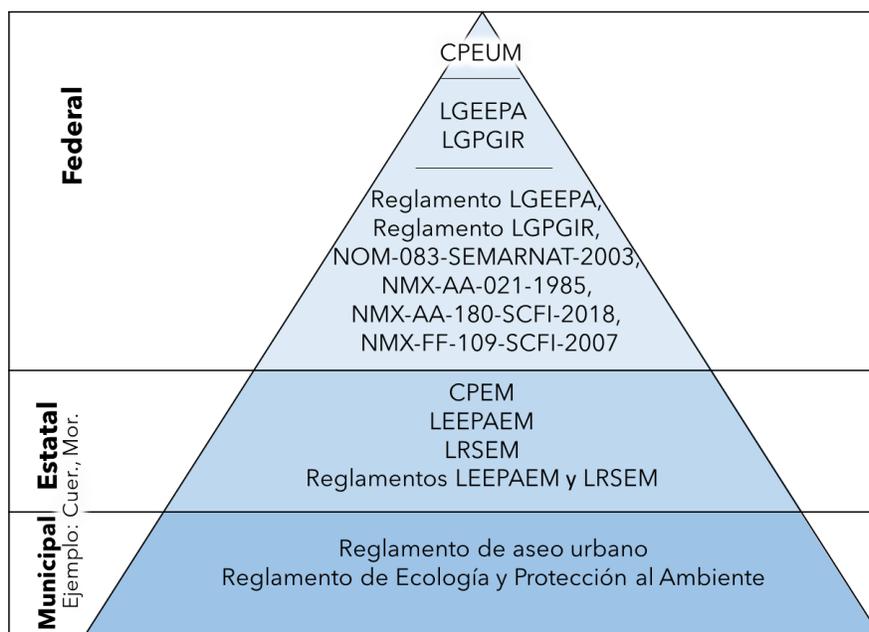


Figura I.5 Normatividad en materia de residuos para Cuernavaca, Morelos. Congreso de la Unión, 2018a; Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos, 2020; SEMARNAT, 2017.

I.2.2 Manejo usual de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos de origen domiciliario en México

El manejo de la FORSU de origen domiciliario puede constar de actividades de reducción en la fuente, separación, recolección, transporte, reciclaje (compostaje) y disposición final. Estas actividades pueden realizarse individualmente o en combinación, de acuerdo con el contexto y cumpliendo con objetivos de valorización y eficiencia (Congreso de la Unión, 2018b). Esta sección describe el manejo habitual de la FORSU de origen domiciliario (Figura I. 4).



Figura I.6. Manejo usual de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos de origen domiciliario.

Respecto a la actividad de reducción en la fuente, esta se refiere a la minimización de la generación de los residuos. Llevar a cabalidad esta actividad significaría desechar un mínimo de RO. Sin embargo, la FORSU tiene una generación promedio nacional de 46.42% de la generación total. Este promedio es diferente según la región, siendo menor en la región Occidente (28.64%) y mayor en la región Noreste del país (50.43%). De esta generación, se estima que un promedio de 10.84% corresponde a residuos de jardinería y 33.07% a residuos de alimentos (SEMARNAT, 2020a).

Así mismo, la generación de RO aumenta a medida que se desperdician alimentos en los hogares. En México se estima que la pérdida y el desperdicio de alimentos ascienden al 37% de lo que se produce. De esta cantidad, el 28% ocurre por desperdicio a nivel del consumidor (10.35% de la producción total). Esta responsabilidad es considerablemente menor a la de otros eslabones de la cadena de suministro de alimentos. Sin embargo, sí representa una presión innecesaria en las actividades de manejo que conducen a su disposición final. Además, este desperdicio conduce al deterioro del ambiente, por lo que su prevención debe promoverse (Benitez, n.d.; FAO, 2018).

En relación con la separación de residuos, esta práctica implica separar los residuos en orgánicos e inorgánicos con la finalidad de facilitar su recuperación y aprovechamiento. A esto se le conoce como separación primaria y debe realizarse en hogares, aunque también puede realizarse en estaciones de transferencia y plantas de tratamiento de residuos. Se debe subrayar que en México la separación tiene la finalidad principal de aprovechar la FIRSU valorizable y omitir esta actividad de manejo obstaculiza su recuperación. También es importante considerar que sólo 26 de las 47 plantas de tratamiento del país realizan procesos de separación y sólo el 5% de los RSU se recolectan de manera separada en 144 de 2,474 municipios dentro de 23 estados de México (SEMARNAT, 2020a).

Aunado a esto, cabe mencionar que con frecuencia la separación recae en un sistema conocido como pepena, que actúa en vías públicas y en prácticamente todos los SDF. La fuerza laboral de este sistema está conformada por trabajadores informales que dependen de la separación, recuperación y venta de RI valorizables para su subsistencia, sin que existan cifras oficiales sobre su participación (SEMARNAT, 2020a). Por lo tanto, se reitera que la separación primaria, idealmente, debe realizarse en los hogares para evitar la contaminación de la FIRSU valorizable. Sin embargo, es escasa, lo que disminuye la factibilidad de aprovechar la FORSU dentro de los hogares.

En el caso de la recolección y el transporte de los RSU, desde los hogares hasta los SDF, estas actividades se encuentran a cargo de los municipios y la FORSU de origen domiciliario no recibe ningún manejo adicional durante éstas. La cobertura de recolección osciló entre 78 y 87% de la generación total entre el 2010 y el 2016. Por su parte, el traslado de los residuos genera costos ambientales por la emisión de los vehículos, así como costos económicos. Los últimos ascienden a \$434.00 MXN por tonelada recolectada y \$122.00 MXN por tonelada dispuesta, sin contemplar la depreciación de maquinaria y vehículos (SEMARNAT, 2020a). En este contexto, los costos serían menores con la disminución de la generación de todo tipo de residuos y con el aumento del aprovechamiento de la FORSU dentro de los hogares, lo que contribuiría a que la recolección y el transporte de los RSU dejen de ser insuficientes.

En lo que concierne al reciclaje, esta actividad de manejo consta de la transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico y evitar su disposición final. La restitución debe favorecer un ahorro de energía y materias primas sin provocar daños a la salud o a los ecosistemas. En el caso de los RO, su reciclaje es una actividad de aprovechamiento de residuos, pues restituye su valor al obtener materiales útiles. El reciclaje de la FORSU de origen domiciliario no es común, aunque podría llevarse a cabo a través de la biodigestión o el compostaje como se explica a continuación (SEMARNAT, 2020a).

En cuanto a la biodigestión, esta es también conocida como digestión anaerobia. Se trata de la descomposición controlada y acelerada de la materia orgánica en las condiciones anaerobias de un reactor hermético. En este proceso, microorganismos transforman la materia orgánica en biodigestato, generando biogás (Figura 1. 5). El biodigestato es un sustrato y el biogás está compuesto por CH_4 (50-70%), CO_2 (29-49%) y otros gases traza. La digestión anaerobia es considerada como un proceso de aprovechamiento de los RO porque su sustrato puede someterse a un tratamiento para usarse como mejorador de suelo. Además, el biogás puede utilizarse para la generación de electricidad. Por lo tanto, permite el ahorro de materias primas y energía. En México hay cinco plantas que realizan biodigestión en cuatro estados (CDMX, Estado de México, Puebla y Tabasco). Esta escasez posiblemente se debe a costos elevados de su instalación, mantenimiento y operación (SEMARNAT, 2020a; Terranova Lombricultores, n.d.; UAEM, n.d.).

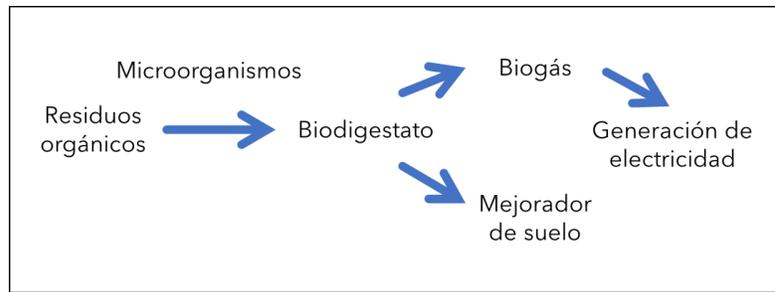


Figura I.5. Proceso de biodigestión o digestión anaerobia

En lo que al compostaje se refiere, este es la descomposición controlada de materia orgánica llevada a cabo en condiciones aeróbicas. En este proceso, los microorganismos convierten los RO en un producto estable conocido como composta. Su práctica es una forma de aprovechamiento de los RO, puesto que la composta resultante puede mejorar la calidad de suelos cultivables y jardines. La restauración del suelo reduce la necesidad de utilizar agroquímicos, lo que representa un ahorro de materias primas, entre otras ventajas (Wong *et al.*, 2016).

En México, se generan 56,427 t/día de RO que pueden ser reciclados mediante compostaje o biodigestión. A pesar de esto, de las 47 plantas de tratamiento que se encuentran en el territorio nacional, sólo 19 realizan compostaje en seis estados (CDMX, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Veracruz). Adicionalmente, existen plantas de compostaje que no están manejadas por los ayuntamientos y que reciben RSU orgánicos de origen doméstico, aunque no existe un reporte de cuántas son ni de la cantidad de residuos que ingresa a todas ellas. Tal es el caso de las plantas de compostaje de instituciones educativas como la Universidad Autónoma de Estado de Morelos (UAEM), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN), así como de empresas privadas como Terranova en Veracruz y Xcaret en Quintana Roo, por mencionar algunas. De manera similar, aunque no se cuenta con datos de su cantidad en el país, debe mencionarse que existen compostas comunitarias y domésticas y que su práctica no recibe una promoción constante por parte de los gobiernos municipales ni estatales (Rodríguez & Córdova, 2006; SEMARNAT, 2020a; Terranova Lombricultores, n.d.; UAEM, n.d.). Puede asumirse que el aprovechamiento de la FORSU de origen domiciliario a través del reciclaje es incipiente. La biodigestión es aún menos común que el compostaje, aunque ambas formas de aprovechamiento han sido ampliamente estudiadas. Esto se debe a la falta de infraestructura necesaria en combinación con una alta generación de todo tipo de residuos y su baja separación en los hogares. La cobertura total de recolección se ve obstaculizada de tal manera que la gran mayoría

de la FORSU se transporta a SDF. En consecuencia, la disposición final de la FORSU en general es perjudicial, pues conduce a su descomposición en condiciones anaerobias. Esto ocasiona emisiones elevadas de CH₄, un GEI, entre otras afectaciones al ambiente y la población. Cabe recordar que aproximadamente el 87% de los SDF son a cielo abierto y 59.70% de los residuos generados se disponen en SDF que no cumplen con especificaciones de protección ambiental. Los residuos que no se recolectan comúnmente son dispuestos en vías públicas, terrenos baldíos, barrancas, cuerpos de agua, etc., aunque gran parte podría aprovecharse dentro de los hogares (IPCC, 2014; SEMARNAT, 2020a).

Es preciso modificar las prácticas usuales del manejo de la FORSU de origen domiciliario para lograr una mayor cobertura de recolección y facilitar el aprovechamiento, tanto de RI como de RO. Fomentar el aprovechamiento de RO dentro y fuera de los hogares también es indispensable si se desea la mitigación de los efectos de su manejo inadecuado en el ambiente y la sociedad. Dichos efectos se exponen en la siguiente sección.

I.2.3 Efectos ambientales y sociales del manejo inadecuado de residuos orgánicos

Existen múltiples razones para buscar alternativas de aprovechamiento de los RO. Estas radican en las consecuencias de su manejo inadecuado. En este apartado se abordan los efectos ambientales y sociales.

Entre los efectos ambientales del manejo inadecuado de los RO se encuentra el bajo aprovechamiento de residuos valorizables (5% en 2012), lo cual significa que no existe un ahorro suficiente de materias primas para disminuir la explotación de los recursos naturales. Esto por la omisión de la separación primaria en los hogares, lo que imposibilita el aprovechamiento de los RI contaminados por RO y su lixiviados. Un problema adicional ocasionado por la presencia de RO en SDF, es la generación de un ambiente propicio para proliferación de fauna indeseable (moscas, ratas, cucarachas, etc.). Esto es a la vez un problema social, pues representa un riesgo alto de enfermedades, sobre todo para quienes trabajan formal o informalmente en SDF y para los pobladores de la zona (Latargère, 2019; OECD, 2020; Rueda *et al.*, 2000; Zhao, 2018).

Existen otros problemas ambientales procedentes del proceso de la degradación de los RO en los SDF, que sólo es aeróbica por un periodo breve. Una vez que el oxígeno se agota, inicia un proceso de degradación anaeróbica. Este proceso se divide en dos fases de fermentación, la acidogénica y la metanogénica. En la primera se produce un lixiviado biodegradable, mientras que en la segunda las bacterias productoras de CH₄ comienzan a establecerse, produciendo un lixiviado estable. Por lo tanto, ocurren emisiones de este GEI a un ritmo constante, generalmente durante 20 años (INEC, 2018; IPCC, 2014).

Por su parte, los lixiviados también se definen como líquidos contaminantes que resultan del paso de agua de lluvia u otros disolventes a través de un estrato de residuos sólidos. El agua contenida en los RO aumenta la generación de lixiviados a través del proceso ya descrito. Esto es problemático, ya que en México 46% al 51.6% de los RSU son orgánicos. Además, sólo un 16.3% de los SDF de la república cuenta con infraestructura para la captación de lixiviados y aproximadamente 87% son a cielo abierto. Esto quiere decir que los lixiviados pueden infiltrarse en los suelos y escurrirse fuera de los SDF, provocando contaminación del suelo y cuerpos de agua. Esto representa un riesgo para la salud de las personas y otros organismos (Congreso de la Unión, 2018b; INECC, 2015; SECOFI, 1987; SEMARNAT, 2020b; Zhao, 2018).

En lo que respecta a las emisiones de CH₄ por la descomposición de RO en SDF, se consideran un problema grave puesto que, el Potencial de Calentamiento Global (PCG) de este GEI es 28 a 34 veces mayor que el del CO₂ en un periodo de 100 años. Además de la capacidad del CH₄ de retener más calor que el CO₂, la primera métrica contempla algunos efectos indirectos, como el hecho de que el CH₄ es un precursor del ozono troposférico (a su vez un GEI que perjudica la fisiología de la vegetación, disminuyendo su absorción de CO₂) durante su oxidación con el radical hidroxilo (OH). Mientras tanto, el cálculo más alto del PCG del CH₄ toma en cuenta su papel en el ciclo del Carbono, pues el producto final de la oxidación del CH₄ es el CO₂. Dicho de otra manera, aunque el CH₄ dura sólo 10 a 12.4 años en la atmósfera, a diferencia del CO₂ que durará cientos o miles de años, el primero absorbe considerablemente más energía y aumenta los niveles de GEIs, lo que aumenta cuantiosamente su participación en el aumento de la temperatura global en comparación con el CO₂ (INCEC, 2018; IPCC, 2014).

El manejo inadecuado de los RO no es la mayor fuente de emisiones de CH₄. Este gas también es emitido en el tratamiento de aguas residuales, durante la producción y el transporte de carbón, gas natural y petróleo, así como en la ganadería, en cultivos que requieren de su inundación y en humedales. En el caso de los residuos, su emisión total de GEI en México es de 6.6%. Por consiguiente, el gobierno de México se ha planteado el objetivo de alcanzar cero emisiones de CH₄ en rellenos sanitarios en 2030. Sin embargo, la carencia de plantas de compostaje y la baja difusión del compostaje indican que los gobiernos municipales y estatales no promueven el aprovechamiento de los RO para alcanzar el objetivo mencionado. Además, debe recordarse que el compostaje no se contempla ni dentro del PROMARNAT 2020-2024 del PND, ni dentro de los compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático (Congreso de la Unión, 2018b; INECC, 2015; INECC, 2018; SEMARNAT, 2020b, 2020a).

Por lo tanto, las afectaciones del manejo inadecuado de los RO para el ambiente incluyen un fomento al incremento de la temperatura global. A su vez, éste provoca el cambio climático, que en México significa un aumento de eventos climáticos extremos. Estos incluyen huracanes, ciclones tropicales, aumentos de tormentas, así como temperaturas extremas, cambios en los temporales de calor, desaparición de los glaciares de los picos del país, aumento de incendios forestales y desertificación, así como el aumento de zonas habitables por vectores de dengue, zika y chicongunya (Delgado *et al.*, 2010; INECC, 2018).

Gran parte de los efectos sociales ocasionados por el manejo inadecuado de RO se derivan de las consecuencias del cambio climático y a la devastación que los fenómenos climáticos extremos ocasionan. Por ejemplo, la fuerza extraordinaria de estos fenómenos provoca inundaciones y deslaves que ocasionan pérdidas humanas, así como daños a viviendas y a los modos de sustento de la población. Las afectaciones suelen acentuarse en los grupos sociales más pobres, pues tienden a habitar áreas de riesgo y carecen de recursos que garanticen su resiliencia. Adicionalmente, la seguridad alimentaria se ve amenazada porque la producción de alimentos se frena durante eventos climáticos extremos. Daños como estos serán mayores en la medida que aumente la temperatura global (Delgado *et al.*, 2010; INECC, 2018).

Algo que agrava los problemas sociales es la asignación de recursos al transporte de RO hacia SDF. La disminución de la generación de RO, así como su aprovechamiento en los hogares podría

disminuir significativamente los gastos de su recolección y traslado (\$434.00 MXN por tonelada recolectada y \$122.00 MXN por tonelada dispuesta). De esta manera, esos recursos se podrían redireccionar hacia otros problemas acuciantes. Al mismo tiempo, disminuirían los costos ambientales ocasionados por las emisiones de los vehículos que recolectan y trasladan los residuos (Lundie & Peters, 2005; Machado & Hettiarachchi, 2020).

La prevención de los problemas ocasionados por el manejo inadecuado de RO, así como su mitigación, requieren del compromiso y la participación de todos los actores involucrados. A nivel de los hogares, la separación y el aprovechamiento de estos residuos son apremiantes. Por lo tanto, se requiere que el gobierno contribuya en la difusión de la forma más apropiada del manejo de residuos. A continuación, se expone el manejo apropiado de RO compostables en los hogares.

I.2.4 Manejo apropiado de residuos orgánicos compostables en los hogares.

Un manejo integral de RO incluye evitar o minimizar su generación. Cuando esto no sea posible, los RO deben separarse de los RI. Después, deben buscarse y aplicarse soluciones para su aprovechamiento. En el caso de los RO, su aprovechamiento podría llevarse a cabo a través de su reciclaje en los sitios de generación, con lo que se evitaría su traslado a SDF (Figura I. 6). En este apartado se describen, de manera general, el compostaje y el lombricompostaje, así como sus beneficios. Ambos son técnicas de aprovechamiento de RO que pueden llevarse a cabo en los hogares.



Figura I.6. Manejo apropiado de los residuos orgánicos

El compostaje es un proceso controlado de descomposición aerobia de materia orgánica que resulta en un producto estable. Éste se conoce como composta y puede mejorar la calidad del suelo para agricultura o jardinería, ya que aumenta su contenido de nutrientes, mejora su retención de agua y reduce la necesidad de aplicar fertilizantes y plaguicidas químicos. Además de la obtención de composta, el compostaje incluye múltiples ventajas como la minimización de olores potenciales, la

destrucción de patógenos y la reducción del volumen, peso y humedad de los residuos. Otro beneficio primordial, radica en que al evitar el traslado de RO a SFD, se evitan las emisiones de CH₄ que ocurrirían por su descomposición en las condiciones anaerobias de estos lugares. Debe notarse que el compostaje se define como un proceso controlado porque la calidad de la composta y la obtención de sus beneficios dependen del balance correcto entre Carbono (C) y Nitrógeno (N), así como de un contenido de humedad y de una oxigenación apropiados. Por ejemplo, el manejo inadecuado del compostaje con insuficiente oxigenación también puede provocar emisiones de CH₄ (Lundie & Peters, 2005; Wong *et al.*, 2016).

El compostaje se ha practicado desde el inicio de la agricultura. El uso de residuos de cultivos y estiércol ha sido una forma de recuperar recursos y fertilizar el suelo, imitando la reincorporación natural de materia orgánica. Este proceso ha sido ampliamente estudiado con varios objetivos, entre ellos el de optimizarlo. Por ejemplo, el lombricompostaje, también llamado vermicompostaje, es una forma de compostaje en el cual lombrices de tierra se alimentan de materia orgánica. Las excretas o turrículos de las lombrices, en conjunto con la materia degradada por otros microorganismos de la tierra, forman humus de lombriz o lombricomposta. Éste es un producto estable que puede utilizarse para mejorar suelos y composta. Al igual que el compostaje, el vermicompostaje es un proceso controlado puesto que, con la regulación de ciertos factores como temperatura, contenido de agua, pH y relación C:N, la descomposición se puede acelerar significativamente (Bolin & Pereira, 2009; Secretaría de Economía, 2007). La Figura I. 6 contiene imágenes de una composta y una lombricomposta.



Figura I.7. Imágenes de composta (izq.) y lombricomposta (der.)
Fotografías de Philip Cohen y Christophe Finot.

La calidad de los productos finales depende de la composición de los RO degradados y del manejo apropiado de la técnica de aprovechamiento. En el caso del compostaje, después de la degradación de los RO inicia un periodo de maduración para obtener un producto estable. Es decir, con

características físicas, químicas y biológicas que permanecen constantes sin ocasionar efectos desfavorables en el suelo y por consecuencia, en las plantas. La composta debe tener baja presencia de impurezas, un nivel apropiado de sustancias útiles para las plantas y una reducida carga patógena. Una composta inmadura puede perjudicar el desarrollo de las plantas al producir sustancias fitotóxicas, ocasionar deficiencias de N, disminuir el oxígeno en el suelo o aumentar la movilidad de metales traza. Los productores a gran escala utilizan distintas pruebas de laboratorio para determinar la calidad y el grado de madurez. En el contexto de un hogar los criterios de calidad más accesibles son el color y el olor. Un producto maduro tiene apariencia de tierra con un color café oscuro o negro y un olor a tierra mojada sin pestilencias (Rodríguez & Córdova, 2006; Gajalakshmi & Abbasi, 2008).

Respecto al humus de lombriz, diferentes materias primas y métodos de crianza de lombrices producen humus con características variables que afectan de manera distinta a las plantas. Al no ser un proceso termofílico, el lombricompostaje no puede eliminar sino sólo reducir la carga de algunos patógenos. No obstante, generalmente se considera que el humus de lombriz contiene una mayor concentración de nutrientes, nitrógeno, fitohormonas y reguladores de crecimiento, así como una menor concentración de sales que la composta. También, cuenta con una mayor capacidad de intercambio de cationes, lo que significa que sus nutrientes se absorben fácilmente por las raíces de las plantas. La lombricomposta puede producirse en aproximadamente la mitad de tiempo que la composta y al no requerir tiempo de maduración, puede utilizarse inmediatamente o almacenarse hasta por 2 años. Para operaciones a gran escala pueden ordenarse pruebas de laboratorio para verificar estándares de calidad. En el hogar, sólo puede comprobarse que tenga un color café oscuro a negro con olor a tierra húmeda y libre de olores desagradables (Secretaría de Economía, 2007; Sherman, 2017; Roubalová *et al.*, 2020).

El compostaje y el lombricompostaje pueden llevarse a cabo dentro de los hogares de diferentes maneras (Figura I.7). En hogares con una fracción de suelo disponible se puede instalar un compostero en contacto directo con la tierra. En el caso de los hogares que no cuentan con este recurso, el lombricompostaje se puede llevar a cabo en recipientes. Los composteros pueden elaborarse a partir de ladrillos, alambre, huacales, madera o cubetas. También existen composteros comerciales de diferentes tamaños, formas, materiales y modos de operación. Por ejemplo, se comercializan composteros cilíndricos, giratorios, automáticos, de plástico reciclado, de barro, etc.

De no contar con los recursos para elaborar o adquirir un compostero, es posible realizar el compostaje en pilas, pozos o zanjas. Quienes tienen acceso a internet pueden encontrar manuales de compostaje en línea. Sin embargo, los manuales son muy diversos y no todos se basan en evidencia científica. Es posible que los talleres prácticos sean más ilustrativos para aprender el manejo apropiado del compostaje (Rodríguez & Córdova, 2006; SC Department of Health and Environmental Control, 2018; Whirlpool Corporation, 2017; Wisconsin Department of Natural Resources, 2017).



Figura I.8. Varios tipos de composteros. Imágenes de dominio público.

Asimismo, es importante aclarar que no todos los RO pueden incluirse en el compostaje doméstico. Con la excepción de los cascarones de huevo, los residuos de origen animal podrían originar olores desagradables y la presencia de fauna no deseada en los hogares como moscas, cucarachas y roedores. Estas y otras desventajas también pueden aparecer a causa de un manejo inadecuado del compostaje. Por esta razón, es conveniente que los usuarios reciban asesoría previa y continua para identificar problemas y soluciones. La asesoría también puede resultar útil para dar un buen uso a la composta y al humus de lombriz, pues su forma de aplicación es distinta en cada caso. Su uso principal es el mejoramiento del suelo cultivable, incluyendo huertos caseros, así como el mejoramiento del suelo de jardines, arbustos y árboles. Además, la composta y el humus de lombriz pueden venderse, donarse o intercambiarse por otros insumos (Rodríguez & Córdova, 2006; Secretaría de Economía, 2007).

Es evidente que la participación de los hogares en la separación primaria y en el aprovechamiento de la FORSU debe maximizarse. Para que esto suceda, se requiere el aumento en la práctica del compostaje doméstico correcto. A su vez, el éxito de intervenciones para su promoción dependerá en gran medida de su diseño. Por lo tanto, la siguiente sección incluye información sobre procesos de educación-aprendizaje que podrían ser apropiados para promover el compostaje doméstico.

I.3 Estrategias de Educación para el Desarrollo Sostenible

El diseño de una estrategia de educación debe basarse tanto en los conocimientos que se deben transmitir, como en los valores y actitudes que se desean desarrollar en los receptores de la información. Por lo tanto, es preciso definir que, con el objetivo de aumentar la práctica del compostaje doméstico, deben transmitirse conocimientos sobre su manejo correcto y su importancia. Así mismo, se desea desarrollar valores que motiven a las personas a iniciar y continuar esta práctica que requiere de atención constante. Tomando en cuenta lo anterior, esta sección contiene información sobre la Educación Ambiental (EA), un resumen de la historia de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), así como características de estrategias de educación que podrían ser apropiadas para promover el compostaje doméstico de manera efectiva.

La educación ambiental es un proceso de aprendizaje continuo y de por vida que enfatiza la enseñanza de la naturaleza y la complejidad de los problemas ambientales a través de enfoques interdisciplinarios y de solución de problemas. Busca generar conciencia ambiental, actitudes, valores, responsabilidades y compromiso para participar en el cuidado del ambiente. En 1972, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, en Estocolmo, reconoció a la EA como un instrumento crítico para afrontar las crisis ambientales a nivel mundial. En 1977, la Primera Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental, en Tbilisi, Georgia, describió la importancia de la EA, así como sus objetivos, metas, principios y características. Esta conferencia señaló que la EA debe propiciar un cambio de actitud y actuación en consecuencia de sensibilizar a la población sobre los problemas ambientales (UNEP, n.d.; UNESCO, 1992, 2020).

Más tarde, en 1987, el reporte "Nuestro futuro común" (también conocido como el reporte de Brundtland), definió el término "Desarrollo Sostenible" como aquél que cubre las necesidades del

presente sin comprometer la habilidad de generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades. Posteriormente, el periodo entre 2005 a 2014 fue designado por la ONU como "La Década de la EDS" con la intención de promover una reorientación de la educación a nivel global para aprender a vivir y trabajar de manera sostenible. La EDS, es aquella que emplea una pedagogía innovadora y orientada a la acción para que los educandos puedan actuar en favor de la transformación de la sociedad en una más sostenible. El objetivo de la EDS es empoderar a los educandos a lo largo de la vida con conocimientos, habilidades, valores y actitudes para tomar decisiones responsables que favorezcan la integridad ambiental, la viabilidad económica y una sociedad justa para la generación presente y las generaciones futuras (UNESCO, 2020).

Después, en 2015 surgieron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible como plan de acción para alcanzarlos en 15 años. Los ODS son 17 llamados universales a la acción para conseguir un futuro sostenible (Figura I. 8). Estos objetivos se relacionan entre sí y cada uno aborda un desafío global. Los más vinculados con el aprovechamiento de RO de origen domiciliario son los objetivos 1, 11, 12 y 13 como se muestra en la Figura I. 9 (ONU, 2020).



Figura I.9. Objetivos de Desarrollo Sustentable (ONU, 2020)



Figura I.10. ODS más vinculados con el aprovechamiento de RO de origen domiciliario (ONU, 2020)

Reconocida en 2017 por la ONU como un elemento integral de todos los ODS, la EDS es aquella que habilita a los educandos para la toma de decisiones y la adopción de hábitos para el cuidado del ambiente. En 2019, la ONU exhortó a los gobiernos a redoblar esfuerzos para integrar e institucionalizar la EDS en el sector educativo y otros sectores pertinentes. Si bien es crucial realizar esfuerzos para generar conciencia, promover valores, aumentar conocimientos y desarrollar capacidades durante la niñez, la EDS debe ocurrir a lo largo de la vida, dentro y fuera del contexto escolar, incluso en ambientes de aprendizajes virtuales. Sin embargo, el gobierno de México sólo se ha comprometido a adoptar la EDS dentro de las escuelas (SEMARNAT, 2018b; UNESCO, 2014).

Es crucial dirigir esfuerzos, en todos los contextos, hacia la educación ambiental de la niñez. Esta importancia yace en el derecho de los niños y las niñas a vivir en un ambiente saludable y a desarrollar todas sus potencialidades, incluyendo su capacidad para contribuir significativamente a la sociedad. La educación desde las edades más tempranas es vital para lograr un desarrollo sostenible. Específicamente, la EDS busca reforzar en la niñez su atención y preocupación por otros seres vivos y desarrollar su sentido de agencia, es decir, de estar en control de sus acciones. Este sentido puede generar en los niños y las niñas el deseo de convertirse en agentes de cambio y tomar las mejores decisiones en favor del ambiente (Bascopé *et al.*, 2019).

El aprendizaje experiencial es la mejor vía para producir el sentido de agencia, pues brinda a los educandos una oportunidad de estar en control de su proceso de aprendizaje (Bascopé *et al.*, 2019). Sin embargo, la pandemia de COVID-19 suscitó la suspensión de las clases en escuelas de México desde marzo de 2020, lo que ha obligado a docentes y a cuidadores a idear nuevas formas de brindar educación a los niños. Estas circunstancias generan la necesidad de contenidos educativos sencillos de compartirse a través de Internet. Por consiguiente, tomando en cuenta los hallazgos de la revisión, el presente trabajo desarrolló un libro que invita a familias con niñas(os) a practicar el compostaje doméstico y ofrece una guía para poder lograrlo de manera correcta. Este recurso educativo tiene características que permiten integrarlo en una estrategia de promoción del compostaje doméstico, pues está desarrollado bajo los principios de la EDS para contribuir al alcance de los ODS. Así mismo, el texto dirigido a niños fue narrado en un video para poder compartirlo en línea, ajustándose así al contexto que la pandemia de COVID-19 ha creado.

Antecedentes

No se encontró en la literatura una revisión que analice los beneficios del compostaje doméstico para el ambiente, la gestión de residuos y la población. Se encontró una revisión sobre el compostaje que incluye la descripción del proceso, evolución de la ciencia, sistemas, factores a controlar y parámetros para evaluar el producto del compostaje, así como formas de aplicación de la composta (Gajalakshmi & Abbasi, 2008). También se encontró una revisión de la eficacia de esquemas europeos de gestión de residuos domésticos para analizar su aplicabilidad en Inglaterra. Éste analizó sólo una intervención de compostaje doméstico, reconociendo su capacidad para reducir significativamente los residuos de origen domiciliario (Husaini *et al.*, 2007).

La carencia en la revisión del conocimiento dificulta el fácil acceso a información científica que sustente la promoción del compostaje doméstico. Es por esto que la presente tesina incluye una revisión descriptiva que intenta cerrar esta brecha.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Los RO son el mayor componente de los residuos que se disponen en el país (46% aproximadamente), siendo mayor su porcentaje entre menor es la población de las localidades. Su manejo inadecuado, además de dificultar el aprovechamiento de los RI reciclables, conduce a emisiones elevadas de CH₄ por su descomposición anaerobia en los SDF. El CH₄ es un GEI que tiene un potencial de calentamiento global de 28 a 34 veces mayor que el CO₂. Para México, el calentamiento global implica un incremento de fenómenos climáticos extremos, como sequías, huracanes, ciclones tropicales, inundaciones y otros problemas ambientales. Aunado a esto, el manejo inadecuado de RO implica un gasto elevado en su recolección, transporte y disposición, así como un llenado rápido de los SDF, contribuyendo a la formación de lixiviados tóxicos que contaminan cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

Para evitar los impactos negativos del inadecuado manejo de los RO, estos pueden reciclarse a través del compostaje. Éste es un proceso aerobio de descomposición controlada de materia orgánica que, realizado correctamente, produce CO₂ en lugar de CH₄. Además, el abono que se produce a través del compostaje aumenta el contenido de nutrientes del suelo, mejora su retención de agua y reduce la necesidad de fertilizantes químicos. Sin embargo, el manejo inadecuado del compostaje puede producir CH₄. Por ello es importante promover la práctica del compostaje correcto.

El compostaje doméstico al realizarse en el sitio de generación de los RO es una buena estrategia para reciclar dichos residuos, ya que no genera costos económicos ni ambientales para su transporte. Así, este trabajo de tesina incluye una revisión de la literatura más reciente que describe intervenciones de compostaje doméstico y su práctica correcta. Así mismo, analiza sus beneficios para el ambiente, la gestión de residuos y la población. Además, contiene una propuesta de un recurso educativo dirigido a familias con niños para la promoción del compostaje doméstico correcto. El presente trabajo será el primero en englobar los beneficios mencionados y brindará a los gobiernos conocimientos relevantes para desarrollar y apoyar proyectos que impulsen la práctica del compostaje doméstico. Esto permitirá disminuir las emisiones de CH₄, así como los costos económicos y ambientales del transporte de RO. Finalmente, la población podrá obtener beneficios económicos y de salud al comercializar composta para agricultura urbana o jardines y al abonar huertos familiares o comunitarios para producir sus propios alimentos.

CAPÍTULO III. OBJETIVOS

Objetivo General

Describir, analizar y promover técnicas de compostaje doméstico.

Objetivos específicos

1. Identificar técnicas de aprovechamiento de residuos orgánicos de origen domiciliario fuera de los hogares.
2. Describir intervenciones recientes de compostaje doméstico y técnicas correctas factibles de replicar.
3. Analizar y describir los beneficios del compostaje doméstico para el ambiente, la gestión de residuos y la población.
4. Realizar un recurso educativo para la promoción del compostaje doméstico dirigido a familias con niñas(os).

CAPÍTULO IV. PROPUESTA A IMPLEMENTAR

La obtención de los artículos que se incluyeron en la revisión se realizó a través de EBSCOhost, un motor académico de búsqueda cuya interfaz permite la consulta simultánea en múltiples bases de datos. Se usó una suscripción que cuenta con 37 bases de datos, limitando la búsqueda a artículos de revistas arbitradas con los términos y campos de búsqueda que se muestran en la Tabla IV.1. Se incluyeron en la revisión textos en inglés, publicados entre el 1° de enero de 2016 y el 31 de enero de 2021. Fueron incluidos aquellos artículos originales que reportaron hallazgos de una o varias experiencias de aprovechamiento de la FORSU de origen domiciliario, ya sea dentro o fuera de hogares. El aprovechamiento en dichas experiencias pudo haberse efectuado por iniciativa de la población o por la implementación de una política de gobierno, de una prueba piloto o una intervención científica.

Tabla IV.2 Términos y campos de búsqueda en inglés

Términos de búsqueda en inglés		Campo de búsqueda
	compost* OR vermicompost* OR "organic* waste" OR "organic waste management"	Título
AND	home* OR domestic OR house* OR apartment OR family OR backyard OR residential OR domicil*	Título
AND	experience OR participation OR monitoring OR management OR intervention* OR program* OR scheme* OR assessment OR evaluation	Texto completo

Se excluyeron artículos que tratan sobre experimentos de laboratorio y experiencias de compostaje doméstico con aditivos, así como experiencias de compostaje de lodos, aguas residuales o heces. También se excluyeron artículos que describen proyecciones o propuestas de sistemas de aprovechamiento de RO. Así mismo, se buscaron títulos elegibles en la bibliografía de los artículos incluidos y en artículos de revisión encontrados a través de la búsqueda. Por tanto, los criterios de inclusión y exclusión mencionados se aplicaron durante todo el proceso de la revisión. Dicho proceso se muestra en el diagrama de flujo de la propuesta a implementar (Figura IV.1.)

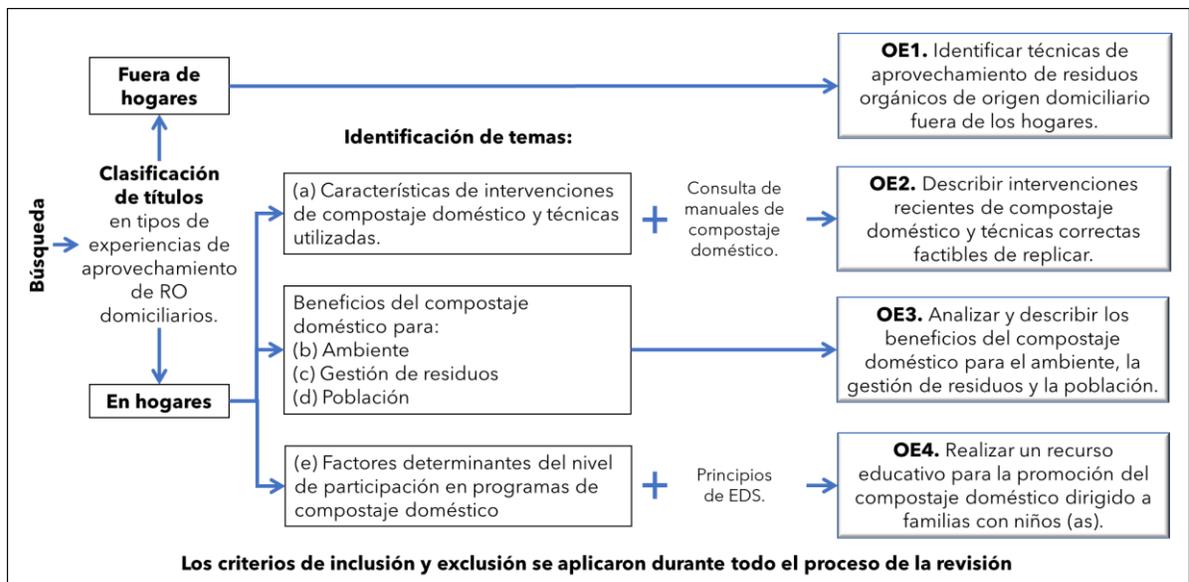


Figura IV.2. Propuesta a implementar

Se revisaron los resultados de la búsqueda y se descartaron artículos cuyo título no aparentaba contener información sobre alguna forma de aprovechamiento de RO de origen domiciliario. Simultáneamente, se clasificaron los artículos de acuerdo con los siguientes tipos de experiencias de aprovechamiento de RO domiciliarios: 1) Fuera de los hogares y 2) Dentro de los hogares.

Se revisaron los resúmenes de los artículos de la primera lista, realizando un segundo filtro para excluir los artículos que no contenían información relevante. Después, se revisaron los textos completos para identificar técnicas de aprovechamiento de RO de origen domiciliario. Éstas se reportaron para así cumplir con el primer objetivo específico de este trabajo (OE1). En seguida, se revisaron los resúmenes de la segunda lista de artículos, eliminando aquellos que no aparentaban contener información sobre compostaje doméstico. Se procedió a revisar los textos completos de los artículos restantes identificando los siguientes temas: (a) Técnicas de compostaje y procedimiento correcto, (b) Beneficios del compostaje doméstico para ambiente, (c) Beneficios del compostaje doméstico para gestión de residuos, (d) Beneficios del compostaje doméstico para la población y (e) Factores determinantes del nivel de participación en programas de compostaje doméstico (actitudes, percepciones, comportamientos y otros).

El segundo objetivo específico (OE2) se alcanzó con la información del tema (a) Características de intervenciones de compostaje doméstico y técnicas utilizadas. Después de describir las

intervenciones de compostaje doméstico analizadas por los artículos revisados y enlistar sus técnicas, se identificaron técnicas más factibles de replicar en el contexto de México y se realizó su descripción. Para este fin, se consultaron y consideraron las recomendaciones sustentadas de manuales de compostaje doméstico o a pequeña escala realizados por universidades, gobiernos y otras organizaciones, que pudieron encontrarse a través de una búsqueda sencilla en Internet.

Para cumplir con el tercer objetivo específico (OE3), se realizó el análisis de la información de los temas (b) Beneficios del compostaje doméstico para el ambiente, (c) Beneficios del compostaje doméstico para la gestión de residuos y (d) Beneficios del compostaje doméstico para la población y se realizará una descripción de estos. Posteriormente, se creó un recurso educativo para promover el compostaje doméstico, dirigido a familias con niñas(os). Éste se realizó contemplando la descripción de las técnicas de compostaje doméstico más factibles de ser replicadas, en apego a los principios de la EDS y tomando en cuenta la información del tema (e) factores determinantes del nivel de participación en programas de compostaje doméstico para lograr el cuarto objetivo específico (OE4).

CAPÍTULO V. PRINCIPALES HALLAZGOS

V.1 Resultados

La búsqueda obtuvo 146 resultados. Después de eliminar los duplicados (65) y los artículos no relevantes (75), se incluyeron seis artículos. Adicionalmente, se incluyeron dos artículos que fueron encontrados en la bibliografía de una revisión arrojada por la búsqueda, siendo ocho el total de artículos incluidos para su revisión. De éstos, cuatro tratan sobre experiencias de aprovechamiento de RO domiciliarios fuera de los hogares y cuatro reportan hallazgos de intervenciones de compostaje doméstico. A continuación, se presentan los principales hallazgos de la revisión.

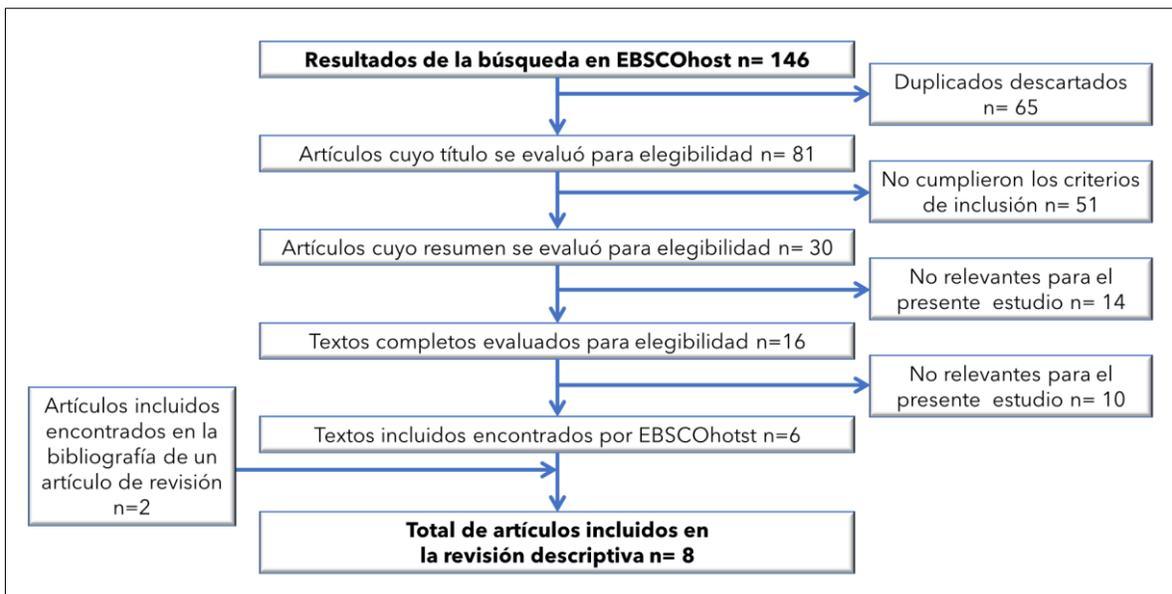


Figura V.2 Diagrama de flujo de selección de artículos para la revisión descriptiva

V.1.1 Técnicas de aprovechamiento de RO domiciliarios fuera de los hogares

Las técnicas de aprovechamiento de RO de origen domiciliario fuera de los hogares que se identificaron son el compostaje centralizado (Ames & Cook, 2020; DiGiacomo *et al.*, 2018; Pickering *et al.*, 2020) y el compostaje comunitario (Christie & Waller, 2019). En las intervenciones de compostaje centralizado, la participación de los residentes de los hogares se limita a depositar sus RO compostables en un contenedor en donde se almacenarán hasta su recolección para su compostaje, como un servicio municipal. En el caso de las intervenciones de compostaje

comunitario, estas hicieron uso de lombricomposteros de flujo continuo y cámaras de compostaje automatizado en edificios de departamentos. Los aspectos generales de estos artículos se describen en la tabla V.1.

Tabla V.4. Experiencias de aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios fuera de los hogares

Artículo (Autor, año, lugar, duración de la intervención)	Título	Tipo de aprovechamiento de RO domiciliarios (origen de la iniciativa y técnica de aprovechamiento)	Objetivo	Conclusión
DiGiacomo <i>et al</i>, 2018, British Columbia, Vancouver, Canadá, 10 semanas.	Convenience improves compost- ing and recycling rates in high- density residential buildings.	Experimento científico realizado por la Universidad de British Columbia, Compostaje centralizado.	Determinar si un aumento en la conveniencia para separar los residuos en condominios familiares y en residencias estudiantiles puede aumentar el reciclaje y el compostaje.	Aumentar la conveniencia para separar los residuos en condominios y en residencias estudiantiles puede hacer que aumente significativamente el reciclaje y el compostaje.
Pickering <i>et al</i>, 2020, Niagara, Ontario, Canadá, 14 años.	Participation in residential organic waste diversion programs: Motivators and optimizing educational messaging.	Programa de recolección de residuos orgánicos colocados en un bote verde en la acera "Green Bin Organics Collection Program" instaurado por la Municipalidad, Compostaje centralizado.	Describir los motivadores tanto para la participación como para la no participación en el programa de aprovechamiento de residuos orgánicos de la región del Niagara.	La participación se ve influenciada principalmente por los beneficios ambientales percibidos. Por el contrario, los no participantes citan factores hedónicos (principalmente olor), inconvenientes y costos entre los principales obstáculos para su participación. Estas barreras son potencialmente abordables mediante mejoras de ingeniería y programas de subsidios.
Ames & Cook, 2020, Kiama, NSW, Australia, 5 años.	Food becoming compost: encountering and negotiating disgust in household sustainability.	Programa de recolección de residuos orgánicos colocados en un bote en la acera instaurado por la Municipalidad, Compostaje centralizado.	Examinar la relación entre las respuestas viscerales hacia los residuos de alimentos orgánicos que se recolectan hasta su recolección para ser compostados y la formación de nuevas perspectivas potencialmente más sostenibles desde el punto de vista ambiental.	En Kiama, los residuos orgánicos almacenados hasta su recolección producen repugnancia debido a los ideales occidentales de limpieza, orden, autonomía y control de plagas en el hogar. El éxito del compostaje municipal depende del compromiso para reconfigurar la forma de pensar con el objetivo de recuperar los residuos y almacenarlos con limpieza y sellado hasta su recolección.
Christie & Waller, 2019, Melbourne, Victoria, Australia, 6 meses.	Community learnings through residential composting in apartment buildings.	Prueba piloto realizado por la Municipalidad, Compostaje comunitario en cinco edificios de departamentos. Lombricomposteros de flujo continuo y cámaras de compostaje automatizado.	Investigar las experiencias de 38 personas que participaron en programas de compostaje comunitario en sus edificios de residencia.	La participación ocasionó un aumento de conciencia ante el desperdicio de alimentos, inspiró un mayor sentido de comunidad, una conexión más profunda con la naturaleza y un deseo de aumentar los espacios verdes y el deseo de continuar realizando cambios sostenibles.

V.1.2 Intervenciones recientes de compostaje doméstico

Los estudios incluidos en la revisión, que analizaron intervenciones de compostaje doméstico, se llevaron a cabo en regiones urbanas de Grecia (Karkanias *et al.*, 2016) y Chipre (Zorpas *et al.*, 2018), así como en regiones rurales de España (Vázquez & Soto, 2017) y Tailandia (Manomaivibool *et al.*, 2018). El rango de hogares participantes fue desde 91 (Vázquez & Soto, 2017) hasta 4,880 (Manomaivibool *et al.*, 2018). La duración de las intervenciones osciló desde 10 semanas (Zorpas *et al.*, 2018), hasta 2.5 años (Karkanias *et al.*, 2016). Las intervenciones se describen a continuación y posteriormente se presentan las características principales de los estudios en la tabla V.2.

Programa de compostaje doméstico del municipio Neapoli-Sykies en el norte Grecia

Este estudio se realizó con la participación de hogares urbanos de la municipalidad de Neapoli-Sykies en Grecia. Su objetivo fue describir el efecto que tuvo un programa de compostaje doméstico, sobre el hábito del reciclaje de residuos biodegradables e identificar problemas que los usuarios encontraron en el proceso de compostaje, así como posibles incentivos para promover esta práctica de manejo de RO. El programa brindó, a partir del 2011, seminarios de orientación sobre el compostaje doméstico y posteriormente proporcionó composteros de manera gratuita a los participantes. Después, durante 2012 y 2013, el programa incluyó una campaña de sensibilización. Dicha campaña proporcionó, de casa en casa, información y sugerencias de posibles soluciones a problemas con la operación de los composteros domésticos. El estudio se llevó a cabo a través del análisis de entrevistas estructuradas, que se aplicaron a casi el 94% de los hogares participantes entre enero y junio de 2013. También se contemplaron los datos del monitoreo de los composteros hasta el momento de las entrevistas y la cantidad mensual de hogares que se añadieron al programa desde enero de 2011 hasta diciembre de 2014 (Karkanias *et al.*, 2016).

Se realizaron entrevistas a 852 hogares participantes, de los cuales 127 tenían un compostero recién instalado y 725 ya se encontraban utilizando el compostero que recibieron. La información de las encuestas permitió segmentar a los participantes de acuerdo con el tiempo que había transcurrido desde la instalación de un compostero en su hogar (0 a 6 meses, 6 a 12 meses y más de 1 año). Adicionalmente, se aplicaron 440 encuestas a participantes que ya habían sido entrevistados, pero que reportaron problemas con el manejo de su composta en la primera visita (Karkanias *et al.*, 2016).

De acuerdo con el nivel de participación reportado, 42% de los participantes usaron el compostero de manera frecuente (5 veces/semana). Al momento de las entrevistas, el 65% de los participantes entrevistados ya habían tenido la oportunidad de utilizar la composta producida y reportaron satisfacción con la cantidad obtenida. Así, pudo observarse que la satisfacción de los usuarios aumentó después de 12 meses, alrededor del tiempo en el que lograron cosechar y hacer uso de la composta producida. Adicionalmente, los principales incentivos que se identificaron para practicar el compostaje fueron la orientación sobre el procedimiento y la provisión de contenedores de forma gratuita. Los usuarios también opinaron que los incentivos económicos podrían motivar a los ciudadanos a compostar (Karkanias *et al.*, 2016).

Respecto a los problemas en el proceso de compostaje doméstico, aproximadamente la mitad de los usuarios reportaron dificultades durante el proceso de compostaje. Los obstáculos más frecuentes fueron (a) la trituración necesaria de algunos RO, (b) la presencia de insectos cerca del compostero y (c) el mantenimiento de la humedad y la aireación adecuadas. Estos problemas se presentaron durante los primeros 6-12 meses de práctica. Los mayores problemas desaparecieron con el tiempo, lo que contribuyó a que los participantes continuaran dentro del programa. Únicamente el 2% de los entrevistados declaró que deseaba dejar de compostar. Por último, los investigadores notaron que el número de hogares participantes aumentó casi en un 40% durante la campaña de promoción y disminuyó drásticamente al final de esta, lo que indica la importancia de aumentar el conocimiento sobre el compostaje para promover programas de manejo sostenible de residuos (Karkanias *et al.*, 2016).

Estrategia de prevención del desperdicio de alimentos y del envío de residuos orgánicos a sitios de disposición final en la Municipalidad de Paralimni, República de Chipre

En este estudio, hogares urbanos de la Municipalidad de Paralimni, República de Chipre participaron en una estrategia que pretendía reducir el desperdicio de alimentos, así como el envío de RO a SDF. El objetivo fue el de monitorear y evaluar comportamientos de los ciudadanos respecto a dichas actividades de prevención. Esta intervención fue patrocinada por el programa LIFE+, una herramienta de financiamiento de proyectos en favor del ambiente en Unión Europea (Zorpas *et al.*, 2018).

Se dio a conocer una convocatoria, abierta por cuatro meses a todos los hogares de la municipalidad, a través de redes sociales, correo postal, anuncios en escuelas, diarios, posters, radio y teléfono. Aspiraron a participar 739 de aproximadamente 5,000 hogares de la municipalidad. De estos candidatos, 200 hogares fueron seleccionados de acuerdo con las características de sus habitantes. Así, los tipos de hogares participantes tuvieron la siguiente distribución: 10% con un solo habitante mayor de 65 años, 10% con una pareja mayor de 65 años, 10% con una pareja de entre 30 y 64 años, 20% con familias con niños en primaria, 20% con parejas con hijos de edades mayores y 30% con parejas cuyos padres tuvieron educación universitaria (Zorpas *et al.*, 2018).

Se entregó a los participantes un recetario de 50 platillos tradicionales que pueden prepararse a partir de sobras de alimentos. Así mismo, recibieron de manera gratuita un compostero (con valor de 35€ y capacidad de 330L) y orientación general sobre el procedimiento del compostaje. Dicha orientación se llevó a cabo a través de demostraciones de puerta en puerta sobre el uso del compostero y con la entrega de un folleto con información relevante¹. Los participantes también recibieron un diario para registrar todas las sobras de alimentos que se utilizaron para elaborar un platillo y todos los residuos que fueron compostados. Los hogares se dividieron en grupo A y B. El grupo A recibió información adicional sobre el funcionamiento del compostero, sobre qué residuos pueden compostarse y sobre los beneficios de la prevención de la generación de residuos. Además, los hogares del grupo A se contactaron cada tres días durante un período de 10 semanas para averiguar si tenían alguna dificultad con la operación de los composteros (Zorpas *et al.*, 2018).

Respecto al uso del recetario, el porcentaje de participación del grupo A fue del 56%, mientras que el del grupo B fue del 47%. En cuanto al uso del compostero, la participación del grupo A fue del 75%, mientras que sólo el 7% de los hogares del grupo B participaron en la producción de composta. De acuerdo con los datos registrados por los hogares del grupo A, 50.3% de los residuos compostados fueron de jardín, 27.3% fueron residuos de frutas y verduras, 20.3% fueron otros residuos de alimentos y 2.1% fueron toallas de papel cocina. En un período de estudio de 10 semanas, los hogares del grupo A (con 245 habitantes) lograron reducir los residuos de alimentos,

¹ Información proporcionada vía correo electrónico por el autor principal del artículo, Antonis A. Zorpas, Universidad Abierta de Chipre, Facultad de Ciencias Puras y Aplicadas, Conservación y Gestión Ambiental, Laboratorio de Ingeniería Química y Sostenibilidad de la Ingeniería, antonis.zorpas@ouc.ac.cy.

que solían enviar a SDF, en un 4.3-27.6% y minimizaron sus residuos de 0.985-1.2 Kg /día a 0.868-0.942 Kg/día (Zorpas *et al.*, 2018).

A través de la comunicación con los hogares del grupo A, se observó que las dificultades más comunes mencionadas fueron a) confusión sobre los residuos de alimentos que pueden o no ser compostados, b) dudas sobre si la madera o ramas pueden ser compostadas, c) confusión sobre la cantidad de agua que debe agregarse a la composta y d) presencia de mosquitos y moscas. Estos problemas pudieron resolverse con capacitación continua. No se reportaron los motivos de la baja participación de los hogares del grupo B en la práctica del compostaje. Sin embargo, en el caso de los 25 hogares del grupo A que dejaron de participar en el programa, los motivos más frecuentes fueron: que era una actividad sin beneficios, que no necesitaban tanto fertilizante, que era una pérdida de tiempo y que el compostero tenía un mal olor. Por lo tanto, el estudio concluyó que el éxito de un programa de prevención del envío de residuos biodegradables a SDF requiere de seguimiento constante, suficiente motivación y una transmisión efectiva de los beneficios de la intervención a la población por parte de la municipalidad (Zorpas *et al.*, 2018).

Programas piloto de compostaje doméstico de provincias de Galicia, España

Un estudio analizó experiencias piloto de compostaje doméstico en provincias de Galicia. Esta investigación tuvo dos objetivos. El primero fue evaluar la eficiencia de los programas implementados en ocho áreas rurales de tres provincias. El segundo objetivo fue evaluar la calidad de la composta producida por los programas de dichas provincias y de cinco provincias rurales adicionales. Todos los programas que este estudio evaluó fueron experiencias piloto de participación voluntaria² y fueron implementados, con excepción de uno, por la Asociación para la Defensa Ecológica de Galicia (ADEGA), una organización no gubernamental que brindó la información y la capacitación para el compostaje doméstico. El financiamiento de esta iniciativa provino del gobierno y de la Sociedad Gallega de Medio Ambiente (SOGAMA), una empresa pública de gestión de residuos (Vázquez & Soto, 2017).

² Información proporcionada vía correo electrónico por el autor correspondiente del artículo, Manuel Soto Castiñeira, Dpto. De Ingeniería Química Física y Química, Universidad de A Coruña, m.soto@udc.es.

La capacitación incluyó educación sobre los beneficios ambientales de la intervención. Además, se entregó gratuitamente a los participantes un compostero y un manual de compostaje que recomendó el aprovechamiento de diversos tipos de RO domiciliarios, incluyendo residuos de alimentos de origen animal. Así mismo, se programaron visitas para monitorear los composteros durante cuatro a seis meses después de la fase inicial de implementación. En total, los hogares recibieron dos a cuatro visitas (Vázquez & Soto, 2017).

Los programas cuya eficiencia fue evaluada lograron una cobertura de 56%. Los 91 hogares participantes tenían acceso a 25 contenedores públicos de residuos no separados. La eficiencia de los programas se determinó en función de la reducción de los RO depositados en dichos contenedores. Esto requirió la comparación de estudios de caracterización de los residuos depositados antes de la intervención y un año después en la misma temporada. Las últimas caracterizaciones de residuos se realizaron al menos seis meses después de la implementación de los programas. En promedio, se encontró que la cantidad total de residuos disminuyó un 13%, mientras que la cantidad de RO se redujo un 39%. El porcentaje de RO pasó de 45.3 a 32%. La eficiencia de los programas, es decir, la relación entre la cantidad de RO compostados y la cantidad de RO potencialmente compostables, considerando la fracción de hogares participantes, fue de 77% en promedio. Por lo tanto, se determinó que el nivel de cooperación de los hogares participantes fue elevado y la intervención fue muy efectiva (Vázquez & Soto, 2017).

Los investigadores notaron una correlación positiva entre la cobertura de cada programa y su eficiencia. Es decir, el contenido de RO se pudo reducir a menos de 20% en los contenedores de áreas con alta cobertura, lo que permite un alto potencial de reciclaje de RI. También se observó que la eficiencia de los programas es mayor a la de otros que no recomiendan el aprovechamiento de RO de alimentos de origen animal. Sin embargo, el estudio no averiguó si surgieron problemas asociados con la operación de los composteros al incluir residuos de alimentos de origen animal ni la satisfacción de los usuarios (Vázquez & Soto, 2017). De acuerdo con el autor correspondiente, los usuarios no han realizado quejas respecto a la presencia de roedores o fauna no deseada, probablemente porque están acostumbrados a manejar esas situaciones por encontrarse en un medio rural³.

³ Información proporcionada vía correo electrónico por el mismo autor correspondiente.

Respecto a la calidad de la composta obtenida por los programas, se analizaron entre 57 y 90 muestras para cada parámetro de calidad. Se observó una relación C/N baja (10-15) y bajos niveles de contaminantes físicos. Se encontró contaminación por metales pesados en 5 de 90 muestras, lo que se atribuye a las características del suelo de origen y no a la práctica del compostaje. Así mismo, se determinó que las muestras tenían un alto contenido de nutrientes y que el 94% de las muestras cumplían con los estándares requeridos para uso agrícola. Se concluyó que el compostaje doméstico de RO domésticos, incluyendo residuos de alimentos de origen animal, es una práctica factible (Vázquez & Soto, 2017).

Investigación de acción participativa para promover la separación de residuos en hogares de áreas rurales de Chiang Rai, Tailandia.

Chiang Rai Zero Waste (CRZW) fue una investigación de acción participativa. Su objetivo fue diseñar y evaluar la efectividad de un programa piloto de gestión comunitaria para la separación de residuos en hogares. Este estudio se llevó a cabo con la participación de hogares en 18 aldeas rurales de los 18 distritos de Chiang Rai, una de las provincias más grandes de Tailandia. Al inicio del estudio, la generación per cápita de residuos en la provincia era de 0.93 Kg por persona al día y 66% de estos eran orgánicos. Debe notarse que 12 de las aldeas participantes carecía de un servicio de recolección de residuos debido a insuficientes recursos financieros y SDF adecuados (Manomaivibool *et al.*, 2018).

En este estudio piloto se pidió a los pobladores que separaran sus residuos reciclables, que elaboraran e instalaran un compostero casero conocido como sa-wian y que utilizaran la composta resultante en sus huertos domésticos. Estas solicitudes se establecieron en un acuerdo que firmaron los alcaldes de los distritos y los líderes de cada aldea participante. El acuerdo también definió las responsabilidades de los involucrados para convertir cada aldea en un centro de aprendizaje para su distrito. El financiamiento de la capacitación de los participantes fue gubernamental⁴ y el programa fue evaluado después de tres meses, en mayo de 2016 (Manomaivibool *et al.*, 2018).

⁴ Información proporcionada por el autor principal, Panate Manomaivibool, Centro de Capacitación e Investigación en Recursos Naturales y Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias, Universidad Mae Fah Luang, panate.man@mfu.ac.th

La información necesaria para la evaluación se obtuvo con una guía de entrevista estructurada y un formato de observación. La entrevista se realizó a los líderes de las aldeas y el formato de observación se aplicó a una muestra aleatoria de 25 hogares por aldea. Se registraron las dimensiones de cada sa-wian y la altura que alcanzaron los residuos dentro de este. Además, los usuarios contestaron preguntas para validar las observaciones (Manomaivibool *et al.*, 2018).

Según una encuesta realizada en 2014, 22% de los hogares en las aldeas del estudio contaba con un sa-wian. De acuerdo con la evaluación de este estudio piloto, esta cifra ascendió a 91.6%. Se observó también que el 44% de los hogares agregó otro método de aprovechamiento de RO, el compostaje líquido, pues este podría reducir el tiempo de compostaje en los sa-wians. La evaluación determinó que los sa-wians se utilizaron activamente. Su tamaño promedio fue de 0.95 m³ y una vez llenos, los usuarios los vaciaron para volver a usarlos o elaboraron uno nuevo. Por lo tanto, el promedio del número de sa-wians fue de 1.83 por hogar. Sin embargo, en dos distritos se notó que los hogares no contaban con suficiente espacio para su instalación, por lo que futuras intervenciones tendrían que ajustarse a dicho contexto (Manomaivibool *et al.*, 2018).

Los hogares se beneficiaron con el uso de la composta en sus huertos. Sin embargo, los mayores beneficiarios de esta intervención fueron los gobiernos locales, ya que la inversión que realizaron fue ínfima. Los mismos habitantes contribuyeron con la mano de obra y algunos materiales para la elaboración de los sa-wians. Con un tipo de cambio de aproximadamente 34 THB por 1 USD, la instalación de 4,880 sa-wians tuvo un costo de 0.98 millones de THB (aproximadamente 200 THB, o 5.8 USD por cada sa-wian con una vida de uso estimada de 2 a 3 años). El retorno de esta inversión se logró en 2.68 meses, contemplando el costo promedio de la recolección y la disposición de los residuos que se compostaron (2.25 THB por 1 Kg). Entonces, se estimó que si el manejo de la mitad de los residuos orgánicos generados en Chiang Rai se realizara en sa-wians domésticos, en 1 año se lograría un ahorro mayor a los ingresos captados por el cobro de tarifas del manejo de residuos en el mismo periodo (Manomaivibool *et al.*, 2018).

Respecto a la separación de residuos reciclables, la participación también fue alta. El 96.7% de los hogares separó al menos un tipo de residuo, mientras que el 48% separó al menos cuatro tipos. Debe mencionarse que se utilizó el aprendizaje de dos estudios anteriores para el diseño de esta intervención y que las aldeas fueron seleccionadas por practicar una filosofía basada en la

autosuficiencia (Economía de suficiencia). La mayoría de los pobladores ya cultivaba alimentos en sus hogares, por lo que se consideró que adoptarían la intervención fácilmente. Además, los gobiernos locales brindaron apoyo adicional con la realización de talleres y campañas de sensibilización (Manomaivibool *et al.*, 2018).

V.1.3 Descripción de técnicas correctas de compostaje doméstico factibles de replicar

Las técnicas de compostaje doméstico que se identificaron en los artículos incluidos fueron el uso de composteros de plástico en contacto con tierra (Vázquez & Soto, 2017), la construcción de sa-wians caseros (composteros alrededor de un árbol) y el compostaje líquido (Manomaivibool *et al.*, 2018). El artículo de (Karkanias *et al.*, 2016), no indica qué tipo de composteros se utilizaron, sin embargo, menciona que los participantes contaban con un jardín en sus hogares, por lo que se infiere realizaron compostaje en contacto con tierra. Ningún artículo realizó una descripción detallada de la técnica de compostaje recomendada en las intervenciones evaluadas.

La figura V.1 presenta la descripción de una técnica correcta y sencilla para realizar el compostaje en contacto con tierra en un compostero que puede ser de plástico, madera, tabiques o malla de alambre. Si bien es económica, no se realizó una descripción de la técnica de compostaje con el uso de sa-wians, debido a que no todos los hogares cuentan con un árbol y a que este modelo no ofrece suficientes barreras contra fauna indeseable. La técnica descrita es factible de replicar por su sencillez, bajo mantenimiento y bajo costo (desde \$250 aproximadamente en México), a la vez que no recomienda el compostaje de alimentos de origen animal para evitar atraer fauna no deseada. Así mismo, aunque los estudios revisados no incluyeron intervenciones de lombricompostaje doméstico, también se realizó la descripción de una técnica correcta de realizarlo en recipiente (Figura V.2). Esta técnica es factible de replicar en hogares sin acceso a un espacio para colocar una composta en contacto con tierra. De esta manera, podrá promoverse el aprovechamiento de RO en cualquier domicilio. El costo aproximado de instalación es de \$295 a \$328 en México.

Tabla V. 5 Características de estudios sobre intervenciones de compostaje doméstico

Artículo (Autor, año, lugar, hogares participantes y duración de la intervención)	Objetivos del estudio	Componentes de la intervención	Resultados y conclusiones respecto al aprovechamiento de RO
<p>Karkanias et al, 2016, Neapoli-Sykies, Grecia, n= 905 hogares urbanos, 2 años con 6 meses</p>	<p>Indicar el efecto que tuvo un programa de compostaje doméstico, sobre el hábito del reciclaje de residuos biodegradables, en los hogares de la municipalidad de Neapoli-Sykies en Grecia.</p> <p>Identificar problemas que los usuarios encontraron en el proceso de compostaje. Identificar posibles incentivos para promover el compostaje doméstico.</p>	<p>Programa de compostaje doméstico que inició en 2011 e incluyó:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Provisión de información a través de seminarios. -Provisión de composteros de forma gratuita, posterior a los seminarios. <p>Campaña de sensibilización durante 2012 y 2013, que se realizó de casa en casa y que incluyó:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Provisión de información y sugerencias para la resolución de problemas. -Encuesta a los hogares participantes del programa. 	<p>Casi la mitad de los entrevistados tuvo un nivel de participación frecuente.</p> <p>Los principales problemas que enfrentaron los encuestados fueron la presencia de insectos y la confusión sobre el procedimiento.</p> <p>Los incentivos económicos y la información representan la principal motivación para compostar.</p> <p>La campaña de sensibilización es importante para la promoción del compostaje doméstico.</p>
<p>Zorpas et al, 2017, Paralimni, República de Chipre, n= 200 hogares urbanos, 10 semanas</p>	<p>Monitorear y evaluar comportamientos de los ciudadanos respecto a la prevención del desperdicio de alimentos y a la prevención del envío de residuos biodegradables a sitios de disposición final.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Recetario de platillos que pueden prepararse usando sobras de alimentos. -Entrega de un compostero de 330L de capacidad -Orientación general sobre el procedimiento del compostaje y sus beneficios ambientales. -Entrega de un diario para registrar todas las sobras de alimentos que se utilizaron para elaborar un platillo del recetario y todos los residuos que fueron compostados. Los hogares participantes se dividieron en grupo A y B. <p>Componentes adicionales para el grupo A:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Información adicional sobre el funcionamiento del compostero, sobre qué residuos pueden compostarse y sobre los beneficios de la prevención de la generación de residuos. -Contacto cada tres días durante 10 semanas. 	<p>En cuanto al uso del compostero, el 75% de los participantes del grupo A participaron durante todo el estudio, mientras que sólo el 7% de los hogares del grupo B participaron en la producción de composta.</p> <p>Los participantes del grupo A lograron reducir los residuos de alimentos, que solían enviar a SDF, en un 4.3-27.6%. Esto significa en un período de estudio de 10 semanas, el grupo A, con 245 habitantes, minimizó sus residuos de 0.985-1.2Kg /día a 0.868-0.942Kg/día.</p>

Artículo (Autor, año, lugar, hogares participantes y duración de la intervención)	Objetivos del estudio	Componentes de la intervención	Resultados y conclusiones respecto al aprovechamiento de RO
<p>Vazquez <i>et al</i>, 2017, Galicia, España, n=91 hogares rurales, al menos 6 meses</p>	<p>Evaluar la eficiencia de los programas implementados en ocho áreas rurales de tres provincias. Evaluar la calidad de la composta producida por los programas de dichas provincias y de cinco provincias adicionales.</p>	<p>-Información y capacitación para el compostaje doméstico, que incluyó educación sobre los beneficios ambientales de la intervención. -Entrega a cada hogar de un compostero y de un manual de compostaje que recomendó el aprovechamiento de varios tipos de RO domiciliarios, incluyendo residuos de alimentos de origen animal. -Programación de visitas para monitorear los composteros durante 4 a 6 meses después de la fase inicial de implementación.</p>	<p>La eficiencia de los programas fue de 77% en promedio (el nivel de cooperación de los hogares participantes fue elevado y la intervención fue muy efectiva). La eficiencia se correlaciona positivamente con el nivel de cobertura de los programas.</p> <p>Calidad de la composta obtenida: -Relación C/N baja (10-15) y bajos niveles de contaminantes físicos. -Contaminación por metales pesados en 5 de 90 muestras, lo que se atribuye a las características del suelo de origen y no a la práctica del compostaje. -Alto contenido de nutrientes. 94% de las muestras cumplían con los estándares requeridos para uso agrícola, por lo que el compostaje doméstico de RO domésticos, incluyendo residuos de carne y pescado, es una práctica factible.</p>
<p>Manomaivibool <i>et al</i>, 2018 Chiang Rai, Tailandia, n=4880 hogares rurales, 3 meses</p>	<p>Diseñar y evaluar la efectividad de un programa piloto de gestión comunitaria para la separación de residuos en hogares.</p>	<p>Programa piloto de gestión comunitaria que incluyó: -Solicitud de tres condiciones a hogares: 1) Elaboración e instalación de un compostero (sa-wian). 2) Separación de residuos reciclables. 3) Uso de composta en huertos domésticos. -Acuerdo que firmaron los alcaldes de los distritos y los líderes de cada aldea con las condiciones de participación y las responsabilidades de los involucrados para convertir a la aldea en un centro de aprendizaje para su distrito. -Capacitación.</p>	<p>Se observó un aumento considerable en la cantidad de sa-wians y estos fueron utilizados activamente en los hogares (91.6%). Sin embargo, la intervención no fue exitosa en distritos cuyos hogares no contaban con suficiente espacio para instalar sa-wians, por lo que futuras intervenciones tendrían que ajustarse a dicho contexto.</p>

Compostaje doméstico

¿Qué se necesita?

- Una pala pequeña y construir o conseguir un compostero que mida 1m x 1m x 1m aproximadamente. Puedes hacerlo con madera, tabiques, o uniendo los extremos de una malla enrollable de 4m x 1m alrededor de 4 estacas enterradas en las esquinas de 1m² (como en la imagen). Colócalo en un lugar conveniente, en contacto con tierra y si es posible, apartado de plantas comestibles y paredes.
- Residuos. Los microorganismos que llevan a cabo el compostaje se alimentan de 2 tipos de materia orgánica. Estos se conocen como:

Húmedos o verdes	Secos o cafés.
Residuos crudos de verduras y frutas, granos de café molidos, filtros de café, bolsitas de té, pasto, cascarones de huevo, flores marchitas, estiércol de animales herbívoros (como conejos y gallinas), etc.	Hojas secas, ramas, hilos de fibra natural, servilletas de papel, cáscaras de nueces, algodón, estropajos, aserrín, corteza de madera, virutas de lápiz, cajas de pizza, etc.

- Un recipiente de plástico con tapa (de 1 a 4L de capacidad). Ahí almacenarás los residuos compostables que se generan en tu cocina. Entre más troceados estén, su compostaje será más rápido, así es que intenta picarlos muy bien, si tienes tiempo.

¿Cuál es el procedimiento correcto?

- Coloca una capa de ramas de aprox. 10cm de espesor en el fondo
- Agrega una capa de residuos secos de aprox. 10 a 13cm de espesor
- A partir de ahora, al menos 1 vez/semana o cada vez que se llene tu cubeta de residuos húmedos, procura siempre agregar:

1 parte de residuos húmedos + 2 o 3 partes de residuos secos

Puedes agregarlos en capas o mezclarlos (es posible que mezclarlos acelere el proceso).

- Añade un puñado de tierra cada vez que agregues residuos. Si tienes acceso a composta ya madura, puedes agregarla en lugar de tierra.
- Asegúrate de siempre regar con agua, procurando que se distribuya de manera uniforme. Evita el exceso de agua, pues puede ocasionar olores desagradables. La mezcla tiene una humedad correcta si al exprimir un puñado caen una o dos gotas de agua. Si no cae agua, la mezcla de residuos está muy seca. En el caso de composteros de malla, cubrir con un plástico perforado ayuda a retener la humedad.
- Cubre siempre con una capa de secos de al menos 10cm de espesor. Si tu compostero es de malla, no deben quedar residuos verdes expuestos al exterior para no atraer moscas y otros animales indeseables (sólo deben verse residuos secos por afuera).
- Tapa la abertura del compostero con lona o un material resistente.

Encuentra más información y comparte fotos o videos de tu compostero en <https://tierraquevive.blogspot.com>

Fuente: Sherman, R. 2018. Composting, Chapter 2. In: K.A. Moore, and L.K. Bradley (eds). North Carolina Extension Gardener Handbook. NC State Extension, Raleigh, NC. <<http://content.ces.ncsu.edu/2-composting>>

Decide cómo incorporarás aire al compostero:

Los microorganismos que harán tu composta necesitan mucho oxígeno, por lo que debes remover el contenido del compostero al menos 1 vez/semana. Antes de agregar más residuos, intenta mover con tu pala lo que está en los bordes hacia el centro y viceversa. Si crees que esto no es posible para ti, puedes intentar hacer hoyos profundos en la composta con un palo de escoba y/o desde el inicio puedes instalar en el centro un tubo hecho con tela metálica de mosquitero (como se muestra en la imagen).

Integrar aire en la composta evita malos olores y puede hacer que el proceso sea 3 veces más rápido.



¿Qué pasa cuando el compostero se llena?

El compostero empezará a calentarse después de algunos días. Esto destruye bacterias dañinas y semillas de malezas. Si sigues removiéndolo al menos 1 vez/semana, el compostero mantendrá una temperatura alta por varias semanas (hasta de 60°C). Durante este periodo, deberás mantener la humedad y si tienes el espacio, puedes instalar un segundo compostero para seguir aprovechando tus residuos orgánicos. Observarás que el contenido del compostero reducirá su tamaño a casi la mitad en 4 semanas aprox.

Cuando deje de producir calor, empezará el periodo de maduración, que puede tomar de 6 semanas a 3 meses. Ahora sólo es necesario mantener la composta ligeramente húmeda y removerla o hacer hoyos con un palo de escoba cada 2 semanas aprox. Tu composta estará lista cuando tenga un color café oscuro o negro y tenga olor a tierra. Vuelve a compostar lo que no se desintegró totalmente, como semillas de aguacate. Puedes usar tu composta para mejorar la calidad de la tierra de tus plantas, regalarla a seres queridos o dársela a un jardinero. Además, tendrás la satisfacción de haber colaborado con el cuidado del ambiente. ¡Eres genial, gracias por compostar!

Figura V.2 Descripción de una técnica correcta de compostaje doméstico en contacto con tierra

Lombricompostaje doméstico

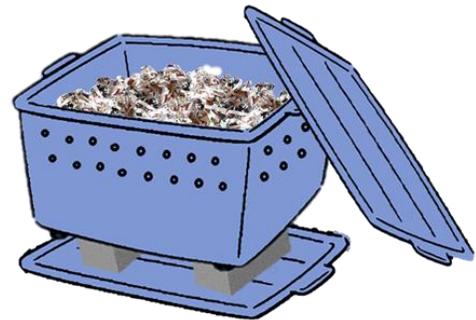
¿Qué se necesita?

- **Un lombricompostero:** Es un recipiente con tapa que cuenta con suficiente ventilación y drenaje. Puedes adaptar una caja de plástico o madera que tenga un tamaño aproximado de 30cm de ancho x 60cm de largo x 20 a 50cm de alto. Si el recipiente es de plástico, debe ser de un color opaco porque la luz lastima a las lombrices.
- **½ Kg de lombrices de la especie *Eisenia fetida*.** También son conocidas como lombrices rojas. Investiga en Internet si hay alguien en tu zona que las venda.
- **Residuos:** Puedes alimentar a tus lombrices con residuos crudos de frutas y verduras. Si están bien triturados, también puedes darles cascarones de huevo y bolsitas de té, así como granos y filtros de café.

Para cuidar a las lombrices y evitar olores fuertes o desagradables, no agregues:

- ⊗ Residuos de alimentos de origen animal.
- ⊗ Residuos de cítricos, ajo, cebolla y tabaco.
- ⊗ Residuos con aceite o sal.
- ⊗ Heces.

- Un recipiente de plástico con tapa (de 1 a 4L). Ahí almacenarás, hasta por 1 semana, los residuos lombricompostables que se generan en tu cocina. Considera que las lombrices comen más rápido los residuos más picados.



¿Cuál es el procedimiento correcto?

Al inicio, esparce dentro de la cama sólo 1 taza de residuos de alimentos. La capa de residuos siempre debe ser menor a 2cm de espesor y debe quedar debajo de al menos 5cm de cama para evitar atraer moscas. Después de 2 días, humedece la cama si hace falta. Hazlo con la ayuda de una rociadora o una botella con hoyitos en la tapa. El agua nunca debe estancarse dentro, ni escurrir por debajo del recipiente. Observa si las lombrices han comido y agrega más residuos sólo si se han terminado su alimento anterior (incorporar más de lo que pueden comer produce mal olor).

Cada 2 a 7 días, humedece la cama y aprovecha para revisar si ya puedes añadir más residuos. Eventualmente podrás agregar 1 a 2Kg de residuos/semana aprox. Las lombrices también se comerán su cama, por lo que deberás agregar más periódico húmedo cada 2 meses aprox. para mantener un espesor de 20-30cm.

Evita molestar a las lombrices. Intenta no mover el lombricompostero y ábrelo sólo para mantener la cama en buen estado y depositar residuos. Después de algunas semanas, empezará a acumularse humus en el fondo (un excelente fertilizante con aspecto de tierra). En 4 meses deberás mover todo el contenido hacia una mitad del lombricompostero e instalar una cama nueva en la otra mitad, en donde dejarás tus residuos. Podrás cosechar el humus cuando las lombrices migren a su nuevo espacio.

Puedes mezclar 2 cdas de hummus por cada litro de tierra en la base de tus plantas cada 2-4 semanas. Además, después de un año, tendrás tantas lombrices que podrás retirar 1Kg aprox. para hacer un segundo compostero (o regalar a alguna persona interesada en lombricompostar). ¡Gracias por aprovechar tus residuos y cuidar el ambiente!

¿Cómo se hace un lombricompostero con un recipiente de plástico?

Asegura una buena ventilación: Lava muy bien el recipiente y taladra agujeros alrededor de la parte superior (de 0.5cm de diámetro aprox), como se muestra en la imagen. También haz 8 -20 agujeros esparcidos en la base y retira todos los pedazos de plástico que hayan caído dentro.

Elige un lugar para el lombricompostero: Debe estar ventilado, a la sombra y con una temperatura de entre 15 y 25°C. Colócalo encima de 2 tabiques o bloques, sobre una charola o un plástico extendido en el piso.

Haz una cama: Consigue periódico, de preferencia en blanco y negro, evita hojas coloridas o de papel brillante. Rásgalo en tiras de 2cm de ancho aprox. y colócalas en el recipiente. Esponja esta cama y sigue agregando tiras hasta llenar el recipiente. Después, remoja todas las tiras en una cubeta con agua durante 5-10min. Exprime muy ligeramente el periódico hasta que deje de escurrir y transfíerelo al recipiente. La cama debe estar húmeda, pero no debe escurrir. Espónjala para que no quede compacta. Agrega más periódico húmedo hasta obtener un espesor de 20-30cm. También puedes hacer esta cama humedeciendo hojas secas.

Añade tierra: Esparce en el interior de la cama un puñado de tierra que no contenga fertilizantes o pesticidas químicos. La tierra ayuda a las lombrices a digerir y añade bacterias buenas que aceleran el proceso.

Coloca las lombrices encima de la cama: Ellas se trasladarán hacia el fondo, lejos de la luz. Es posible que estén estresadas y no tengan apetito. Por lo tanto, espera 2 días para empezar a alimentarlas. Les gusta explorar y es normal que notes que intentan "escapar" durante los primeros días. Para evitar esto, puedes mantener el lombricompostero cerrado en un cuarto iluminado por 1 o 2 días.

Encuentra más información y comparte fotos o videos de tu lombricompostero en <https://tierraquevive.blogspot.com>

Fuente: Sherman, R. (2017). Worms can recycle your garbage. NC Cooperative Extension Service.

Figura V.3 Descripción de una técnica correcta de lombricompostaje doméstico en recipiente

V.1.4 Beneficios del compostaje doméstico.

Ninguno de los artículos incluidos evaluó o mencionó los beneficios ambientales obtenidos por las intervenciones de compostaje doméstico. Sin embargo, las intervenciones realizadas en Galicia, España (Vázquez & Soto, 2017) y Paralimni, República de Chipre (Zorpas *et al.* 2018) se aseguraron de brindar información a los participantes sobre los beneficios ambientales de esta actividad de aprovechamiento de RO. Los artículos de Karkanias *et al.* (2016) y Manomaivibool *et al.* (2018) no especificaron si se incluyó este tema en la promoción y la capacitación de los programas que evaluaron en Neapoli-Sykies, Grecia y Chiang Rai, Tailandia, respectivamente. No obstante, todos los artículos reportaron beneficios para la gestión de los residuos y para la población a consecuencia de las intervenciones de compostaje doméstico (Tabla V.3).

Tabla V.6. Beneficios de las intervenciones de compostaje doméstico.

Artículo (Autor, año, lugar, hogares participantes y duración de la intervención)	Beneficios para:		
	Ambiente	Gestión de residuos	Población
Karkanias <i>et al.</i>, 2016, Neapoli-Sykies, Grecia, n= 905 hogares urbanos, 2 años con 6 meses	No fueron evaluados o reportados por el estudio.	No fueron evaluados o reportados por el estudio.	Los usuarios pudieron hacer uso de la composta generada.
Zorpas <i>et al.</i>, 2017, Paralimni, República de Chipre, n= 200 hogares urbanos, 10 semanas	No fueron evaluados o reportados por el estudio.	Los participantes del grupo que recibió monitoreo constante pudieron reducir en 10 semanas los residuos de alimentos que solían enviar a SDF en un 4.3-27.6% y minimizó sus residuos de 0.985-1.2Kg/día a 0.868-0.942 Kg/día.	Los hogares participantes tuvieron la oportunidad de producir un fertilizante para sus jardines.
Vazquez <i>et al.</i>, 2017, Galicia, España, n=91 hogares rurales, al menos 6 meses	No fueron evaluados o reportados por el estudio.	Reducción de la generación total de residuos en 13%. Disminución de RO en contenedores a menos del 20% en programas con alta cobertura, lo que facilita el reciclaje de RI.	Los hogares lograron producir un fertilizante de excelente calidad para jardines o huertos.
Manomaivibool <i>et al.</i>, 2018, Chiang Rai, Tailandia, n=4880 hogares rurales, 3 meses	No fueron evaluados o reportados por el estudio.	Reducción de la generación de residuos orgánicos (de 45.3% a 32% del total de residuos). El gobierno realizó una inversión mínima que retornó en 2.68 meses, contemplando el costo promedio de la recolección y la disposición de los residuos compostados. La participación de los hogares en la separación de RI fue alta.	Los participantes pudieron hacer uso de la composta en sus huertos domésticos.

Respecto a los beneficios para la gestión de residuos, se reportó la reducción de la generación de residuos de alimentos (Zorpas *et al.* 2018) y la reducción de la generación total de residuos (Vázquez & Soto, 2017; Zorpas *et al.* 2018; Manomaivibool *et al.*, 2018). Así mismo, Manomaivibool *et al.* (2018) reportó una alta participación en su componente de separación de RI de manera simultánea al compostaje doméstico. El aumento en el potencial de reciclaje también fue observado por (Vázquez & Soto, 2017) en los programas con alta cobertura. Mientras tanto, a raíz de los programas de compostaje doméstico, los cuatro artículos reportaron como beneficio para la población la posibilidad de hacer uso de la composta producida para jardines o huertos domésticos (Karkanias *et al.*, 2016; Manomaivibool *et al.*, 2018; Vázquez & Soto, 2017; Zorpas *et al.*, 2018).

V.1.5 Recurso educativo para la promoción del compostaje doméstico

Se creó un recurso educativo, como propuesta para la promoción del compostaje doméstico. Este recurso se titula “Tierra que vive” y es la combinación de tres elementos: 1) El libro “Lombrices felices”, dirigido a familias con niñas(os) de 3 a 12 años de edad, que explica lo que significa compostar e invita a realizar esta actividad. 2) Un video que puede compartirse en línea y narra el texto del libro “Lombrices felices”. 3) Un sitio web (<https://tierraquevive.blogspot.com>) en el cual los cuidadores primarios podrán encontrar guías para realizar una composta en contacto con tierra y un lombricompostero en recipiente, así como el video que narra el libro e invita a compartir este recurso con familiares, amigos y compañeros de escuela. Las guías son sencillas y también pueden compartirse con adultos sin menores en su hogar.

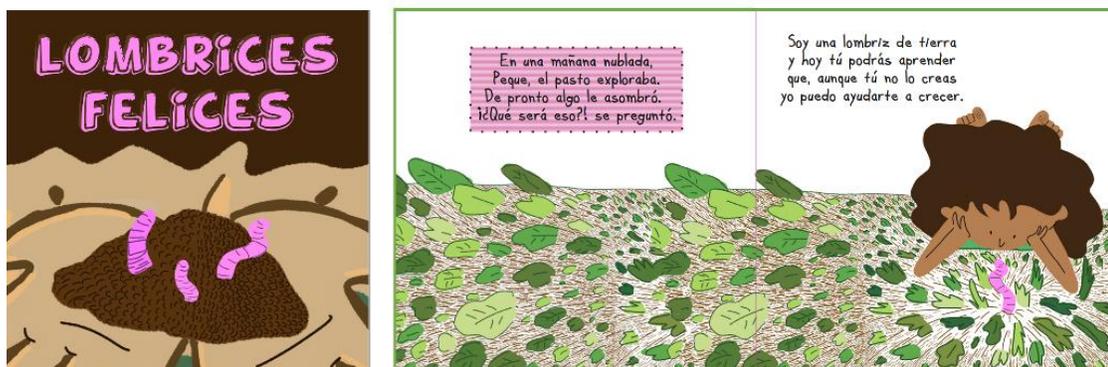


Figura V. 7. Algunas imágenes del libro “Lombrices Felices”.

“Tierra que vive” se alinea con los principios de la EDS al reforzar en la niñez su atención y preocupación por otros seres vivos y al orientarse a la acción para desarrollar un sentido de agencia sobre el cuidado del ambiente. El libro intenta generar empatía en los niños por los seres vivos que ayudan a las plantas a crecer (Figura. V.4). Así mismo, tiene la intención de desarrollar el entendimiento de la relevancia personal de brindar ayuda a esos seres diminutos para que las plantas puedan dar frutos, pues posteriormente podrán comerlos y disfrutarlos, lo que les ayuda a crecer. El libro también exhorta a los cuidadores primarios a visitar el sitio web que contiene las instrucciones para realizar el compostaje o el lombricompostaje en sus hogares.

A su vez, las guías dirigidas a los adultos se elaboraron contemplando el análisis de las intervenciones de compostaje doméstico descritas en la revisión. Específicamente, se contemplaron los factores determinantes del nivel de participación (Tabla V.4.), sobre todo aquellos que pueden abordarse a través de recursos educativos. Estas guías fueron diseñadas para explicar, de una manera sencilla, técnicas de aprovechamiento de RO accesibles y factibles de aplicar y adaptar. De esta manera, se espera aumentar la probabilidad de que el hábito del compostaje se instaure en los hogares, logrando un aprendizaje experiencial. Así, se desarrollaría en la niñez el sentido de agencia y el deseo de convertirse en agentes de cambio en favor de la integridad del ambiente, a la vez que aumentaría el aprovechamiento de RO domiciliarios.

Al tratarse de una propuesta, el recurso educativo no fue aplicado ni evaluado. Sin embargo, se agregó un par de cuestionarios breves al final de libro “Lombrices felices” para determinar y reforzar la comprensión del mensaje en el momento de lectura familiar. Estos son distintos para cada grupo de edad (3 a 7 años y 8 a 12 años) y pueden usarse en futuros trabajos de investigación para evaluar la efectividad del libro o su video en la transmisión del mensaje. El número de reproducciones del video y los comentarios de la audiencia podrían ayudar a evaluar la calidad y la atracción del texto, las ilustraciones y su mensaje. Adicionalmente, las guías de compostaje y lombricompostaje doméstico invitan a compartir, en los comentarios del sitio web, vía correo electrónico, o en redes sociales con el #tierraquevive, observaciones, dudas e imágenes de los composteros elaborados. Estas aportaciones pueden ayudar a conocer el alcance y la efectividad del recurso educativo, así como formas de mejorarlo. Finalmente, se recomienda dirigir la promoción de este recurso educativo a los cuidadores primarios interesados en llevar un estilo de vida sostenible, pues es posible que sean ellos quienes ayuden a propagarlo.

Tabla V.4 Factores determinantes de la participación

Intervención		Karkanias et al, 2016 , Neapoli-Sykies, Grecia, n= 905 hogares urbanos, 2 años con 6 meses	Zorpas et al, 2017 , Paralimni, República de Chipre, n= 200 hogares urbanos, 10 semanas	Vazquez et al, 2017 , Galicia, España, n=91 hogares rurales participantes, al menos 6 meses	Manomaivibool et al, 2018 Chiang Rai, Tailandia, n=4880 hogares rurales, 3 meses
Determinantes de participación	Incentivos	<ul style="list-style-type: none"> • Orientación sobre el procedimiento. • Provisión de contenedores de forma gratuita. • Los usuarios también consideraron que los incentivos económicos podrían motivar a los ciudadanos a compostar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compostero, recetario, numerosas actividades de sensibilización organizados por la municipalidad antes y durante el periodo de monitoreo de compostaje. • Incentivos adicionales para el grupo A: Capacitación y atención cada 3 días por 10 semanas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compostero. • Capacitación. • Manual de compostaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación. • Incentivos simultáneos por parte del gobierno, ajenos a la intervención (talleres de capacitación adicionales, visitas de estudio, campañas de sensibilización, equipos y materiales, designación de personal y comercialización de productos de actividades de reciclaje).
	Condiciones previas a la intervención	No se mencionan.	Suficiente espacio para instalar un compostero y uso habitual de fertilizante (una casa típica en la municipalidad tiene un patio trasero de 150-350m ² y jardín propio, en su mayoría con flores de temporada, hierbas aromáticas, pasto y algunos árboles frutales).	No se mencionan.	<ul style="list-style-type: none"> • Economía de suficiencia. • 97.3% de los participantes ya contaba con un huerto casero que podría beneficiarse con la composta. • Carencia de servicio de recolección en 12 de las 18 aldeas participantes.
	Problemas enfrentados	<p>Aproximadamente la mitad de los usuarios reportaron problemas durante el proceso de compostaje, siendo los más frecuentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La trituración necesaria para los desechos orgánicos. • La presencia de insectos cerca del compostero. • El mantenimiento de la humedad y la aireación adecuadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Confusión sobre los residuos de alimentos que pueden o no ser compostados. • Dudas sobre si la madera o ramas pueden ser compostadas. • Confusión sobre la cantidad de agua que debe agregarse a la composta. • Presencia de mosquitos y moscas. 	No se mencionan	Falta de espacio para la instalación de sa-wians en aldeas con mayor densidad de población.

Intervención		Karkanias et al, 2016 , Neapoli-Sykies, Grecia, n= 905 hogares urbanos, 2 años con 6 meses	Zorpas et al, 2017 , Paralimni, República de Chipre, n= 200 hogares urbanos, 10 semanas	Vazquez et al, 2017 , Galicia, España, n=91 hogares rurales, al menos 6 meses	Manomaivibool et al, 2018 Chiang Rai, Tailandia, n=4880 hogares rurales, 3 meses
Determinantes de participación	Superación de problemas	Los problemas se presentaron durante los primeros 6-12 meses de práctica. Los mayores problemas desaparecieron con el tiempo, lo que contribuyó a que los participantes continuaran dentro del programa.	Los problemas pudieron resolverse con capacitación continua.	No se menciona.	Sin solución en el caso de algunos hogares que no cuentan con suficiente espacio.
	Satisfacción de los participantes	La satisfacción de los usuarios aumentó después de 12 meses, alrededor del tiempo en el que lograron cosechar y hacer uso de la composta.	No se menciona.	No se menciona.	No se menciona.
	Razones para interrumpir su participación	Únicamente el 2% de los entrevistados declaró que deseaba dejar de compostar debido a dificultades con la operación del compostero.	En el caso de los 25 hogares del grupo A que dejaron de participar opinaron que: era una actividad sin beneficios, no necesitaban tanto fertilizante, era una pérdida de tiempo y el compostero tenía un mal olor.	No se mencionan.	Falta de espacio para la instalación de sa-wians.

V.2 Discusión

Para el aprovechamiento de RO de origen domiciliario fuera de los hogares, la revisión de la literatura encontró vías, el compostaje centralizado y el compostaje comunitario. El primero se refiere a instalaciones de mediana o grande escala, en donde se compostan RO transportados desde diferentes áreas (Wong *et al.*, 2016). Mientras tanto, el compostaje comunitario se realiza en espacios o jardines comunes de viviendas, escuelas y restaurantes, entre otros, a una escala intermedia entre el doméstico y el centralizado (Campitelli, 2014). Tanto el compostaje doméstico como el comunitario, realizados de manera correcta, pueden ser formas de manejo de RO superiores al centralizado, ya que evitan el consumo de combustible para el transporte de RO (Hangyong Ray *et al.*, 2020). Sin embargo, todas las escalas de compostaje pueden explorarse por los gobiernos para realizarse en conjunto y así aumentar al máximo el aprovechamiento de los RO.

Los estudios publicados que analizan experiencias de compostaje doméstico son escasos a nivel mundial, al menos desde 2016. Es probable que exista una gran cantidad de programas de compostaje doméstico, así como pruebas piloto, cuyos resultados no son publicados en artículos científicos. También es probable que existan publicaciones en otros idiomas distintos al inglés, por lo que no se incluyeron en la revisión. Esta brecha en el conocimiento presenta una oportunidad de investigación tanto en México como en el resto del mundo.

Probablemente, el éxito de intervenciones de compostaje doméstico depende en gran medida de la sencillez de la técnica utilizada y de la claridad de las guías que la describen, pues los usuarios deben percibirse autoeficaces en la solución de los problemas que se presenten (Gould *et al.*, 2016). Con el propósito de que el compostaje doméstico sea factible, el presente trabajo realizó la descripción de una técnica correcta en contacto con tierra con el uso de un compostero, que no necesariamente debe ser de plástico, ofreciendo alternativas de otros materiales. Aunque el lombricompostaje no fue promovido por las intervenciones analizadas, el presente trabajo también incluye la descripción de éste por tratarse de una técnica sencilla de replicar en hogares sin acceso a un espacio con tierra y puede producir humus en cuatro a seis meses (Sherman, 2017). Esto podría evitar deserción de participantes, pues la intervención de Neapoli-Sykies, Grecia reportó que la satisfacción de los usuarios aumentó después de lograr cosechar y usar composta (Karkanias *et al.*, 2016).

Respecto al aprovechamiento de residuos de alimentos, las intervenciones de compostaje doméstico de Galicia, España, que recomendaron incluir residuos de origen animal, han sido exitosas, concluyendo que es una práctica factible en hogares rurales (Vázquez & Soto, 2017). No obstante, se ha demostrado que evitar olores y fauna indeseables, al incluir residuos de carne en el proceso de compostaje, requiere de un control riguroso. Incluso un control estricto ocasiona olores indeseables en los primeros días (Storino *et al.*, 2017). Debido a que un artículo de la revisión reportó el mal olor como una razón para interrumpir la participación en una intervención de compostaje doméstico (Zorpas *et al.*, 2017), las guías creadas en el presente trabajo recomiendan compostar únicamente residuos crudos de frutas y verduras, cascarones de huevo y residuos de jardinería.

Los artículos de la revisión no evaluaron ni reportaron los beneficios de las intervenciones de compostaje doméstico para el ambiente. Probablemente es difícil medir los impactos en el ambiente de una sola intervención. Sin embargo, en futuras intervenciones podrían registrarse observaciones sobre la disminución de aromas desagradables o contaminación visual en los sitios de recolección. También podría realizarse una estimación de la cantidad de CH₄ que dejó de producirse y/o de combustible que dejó de utilizarse para el transporte de RO gracias a la participación de los hogares en la práctica del compostaje doméstico. Para producir tales reportes, es importante el registro o la estimación de la cantidad de RO compostados. También debe aclararse que, la manufactura de los composteros también tiene impactos ambientales (Martínez-Blanco *et al.*, 2010). Por lo tanto, su instalación sólo puede justificarse si su uso es constante y correcto a largo plazo.

De acuerdo con la revisión, los beneficios del compostaje doméstico para la gestión de residuos incluyen la disminución del costo de la recolección y el transporte de RO hacia SDF. La gestión también se beneficia por un mayor potencial de reciclaje de RI, pues la práctica del compostaje implica la separación primaria de los residuos. Por tanto, el aumento del aprovechamiento de RO en su sitio de generación resulta beneficioso para los gobiernos y para las empresas de gestión de residuos, sobre todo cuando se busca el aprovechamiento de RI. De tal manera, corresponde y conviene a estas entidades invertir en pruebas piloto y en otras acciones para la promoción del compostaje doméstico. Por ejemplo, las intervenciones piloto de Galicia, España fueron financiadas en conjunto por el gobierno y por una empresa de gestión de residuos (Vázquez & Soto, 2017).

Entre los beneficios del compostaje doméstico para la población, los artículos de la revisión sólo reportaron la oportunidad de los usuarios de obtener composta. Sin embargo, podría analizarse en

futuras investigaciones si existen otros beneficios. Por ejemplo, podría indagarse si esta práctica conduce a la adquisición de otros hábitos positivos para la salud, la convivencia o la economía familiar. Esta información podría ayudar a transmitir la relevancia personal de practicar el compostaje doméstico. Esto es importante porque la relevancia personal permite a las personas interesarse y asimilar información que genera un sentido de responsabilidad por llevar un estilo de vida más sostenible (Martin & Chen, 2016; Monroe *et al.*, 2019) De esta forma, podría aumentar el nivel de participación y satisfacción de los usuarios, tanto a corto como a largo plazo.

A propósito de percepción de la relevancia del compostaje doméstico, la intervención implementada en Neapoli-Sykies, Grecia, reportó que algunos participantes abandonaron el programa por percibir que no necesitaban producir tanto fertilizante (Karkanias *et al.*, 2016). Probablemente estas personas no contemplaron los beneficios inherentes del compostaje para el cuidado del ambiente y tampoco consideraron que la composta podría necesitarse en otro sitio. Por esta razón, futuras intervenciones deben explicar los beneficios ambientales de producir composta, así como su forma de utilización y a qué sitio podría llevarse, o cómo podría comercializarse, en el caso de no necesitarla en el hogar. Esto podría ayudar a aumentar la satisfacción personal y evitar la deserción de los participantes.

Ninguna intervención de la revisión realizó acciones de educación ambiental enfocada en la niñez. Sin embargo, la propuesta de un recurso educativo dirigido a familias con niñas(os) es relevante. El establecimiento de hábitos amigables con el ambiente a largo plazo requiere de su integración en la rutina desde edades tempranas (Buil *et al.*, 2019). Además, durante la niñez, el sentido de agencia sobre actividades en favor del ambiente disminuye ante la carencia de oportunidades para realizarlas dentro del hogar. Esto significa que el apoyo de sus cuidadores es crítico (Schill *et al.*, 2020). Este recurso educativo tiene diversas fortalezas. Las guías describen técnicas sencillas y económicamente accesibles de compostaje y lombricompostaje doméstico. Éstas también permiten a los usuarios adaptar los procedimientos al nivel de esfuerzo y/o compromiso que pueden dedicar. Además, al usar diferentes formatos de comunicación (libro, video, sitio web), la información puede compartirse física y virtualmente a personas en un amplio rango de edad (mayores de tres años). Sin embargo, es importante mencionar que el recurso educativo no ha sido evaluado y podría ser insuficiente para promover el compostaje doméstico sin capacitación o seguimiento adicional, pues existen múltiples factores determinantes de la participación en el compostaje doméstico. Las debilidades del recurso educativo pueden minimizarse al aprovechar oportunidades. Por ejemplo,

tras la experiencia de la pandemia de COVID-19, escuelas de diferentes niveles educativos se han acostumbrado a buscar nuevos recursos educativos compatibles con la educación en línea. También debe contemplarse que la revisión de la literatura ofrece pistas sobre los factores que podrían ser determinantes en la participación. Esto brinda pautas para diseñar e investigar intervenciones de promoción del compostaje doméstico. Otra importante oportunidad radica en que la normatividad estatal y municipal favorece la promoción de las actividades de educación, capacitación y comunicación para promover el aprovechamiento de residuos en los hogares.

La baja promoción por parte de las autoridades, así como las concepciones erróneas y el desinterés de la población, son amenazas para la práctica del compostaje doméstico. Idealmente, este recurso debe formar parte de una intervención con oportunidades de obtener capacitación, materiales, seguimiento continuo e incentivos pertinentes en cada contexto. Así, la recomendación dirigir el recurso a cuidadores primarios, principalmente aquellos interesados en llevar un estilo de vida amigable con el ambiente, es adecuada. Las personas con motivación intrínseca tienden a ser las primeras en adoptar una innovación al adquirir información relevante (como la sencillez del compostaje doméstico, su accesibilidad o sus beneficios). A menudo, los adoptantes aumentan al observar la experiencia de los primeros (Dearing & Cox, 2018; National Research Council, 2002).

Limitaciones del estudio

La revisión descriptiva sólo incluyó estudios publicados entre el 1° de enero de 2016 al 31 de enero de 2021 sin evaluar su calidad. Debido a que las intervenciones analizadas en los artículos incluyeron componentes, poblaciones, periodos y contextos diferentes, la revisión no puede determinar si una es superior, ni aseverar que los beneficios observados sean causados únicamente por el compostaje doméstico. La cantidad de artículos recientes que describen experiencias de compostaje doméstico es muy limitada, por lo que se recomienda realizar más investigaciones sobre intervenciones para el aprovechamiento de RO en hogares con y sin áreas verdes, tanto en medios rurales como urbanos. Investigadores y tomadores de decisiones pueden examinar la aplicabilidad de los componentes de cada intervención en su contexto específico.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

A través de la descripción de experiencias de compostaje doméstico y el análisis de sus beneficios, este trabajo proporciona a tomadores de decisiones, como gobiernos, universidades y empresas privadas, información relevante para respaldar, estimular y desarrollar proyectos que promuevan el aprovechamiento de RO, especialmente a través del compostaje doméstico. La descripción de las intervenciones, que detalla sus componentes y resultados, indica que promover el compostaje doméstico puede contribuir a la reducción de la cantidad de RO enviados a SDF, beneficiando la recuperación de RI para su reciclaje y brindando a los participantes la oportunidad de obtener composta.

A partir de los hallazgos de la revisión y de los factores determinantes del nivel de participación observados, se elaboró la propuesta de un recurso educativo para la promoción del compostaje doméstico. Dicho recurso es denominado “Tierra que vive” y está dirigido a familias con niñas(os) de 3 a 12 años de edad e incluye tanto un libro que explica lo que significa compostar, como un video con la narración del libro y un sitio web (<https://tierraquevive.blogspot.com>) con guías sencillas de compostaje y lombricompostaje. Se hace hincapié en esta propuesta tendría que evaluarse e, idealmente, formar parte de una intervención adecuada a la población objetivo para ser exitosa.

Este trabajo hace evidente la necesidad de impulsar estudios científicos sobre los beneficios del compostaje doméstico para el ambiente, la gestión de residuos y la población. Es preciso investigar cuáles son los factores que podrían impulsar la adopción y el mantenimiento de esta práctica a largo plazo. Esto permitirá diseñar estrategias de promoción exitosas para así disminuir los impactos ambientales y sociales de la disposición inadecuada de RO de origen domiciliario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ames, E., & Cook, N. (2020). Food becoming compost: encountering and negotiating disgust in household sustainability. *Australian Geographer*, 0(0), 325–339. <https://doi.org/10.1080/00049182.2020.1786944>
- Bascopé, M., Perasso, P., & Reiss, K. (2019). Systematic Review of Education for Sustainable Development at an Early Stage: Cornerstones and Pedagogical Approaches for Teacher Professional Development. *Sustainability*, 11(3), 719. <https://doi.org/10.3390/su11030719>
- Bellamy Foster, J., York, R., & Clark, B. (2010). *The Ecological Rift: Capitalism's War on the Earth*. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fNTE2NDc0X19BTg2?sid=ca86e203-90a5-40cf-a87e-ae704e142eb1@pdc-v-sessmgr06&vid=1&format=EB&rid=1>
- Benitez, R. (n.d.). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. FAO. Retrieved November 24, 2020, from <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/>
- Bolin, J. L., & Pereira, J. C. (2009). *Composting: Processing, Materials and Approaches*. Nova Science Publishers, Inc. <http://web.a.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMzMzNTM2X19BTg2?sid=6c9de4f5-2cf5-4759-8c13-44279c80c0d6@sessionmgr4008&vid=4&format=EB>
- Boskovic, G., Jovicic, N., Milasinovic, M., Jovicic, G., & Milovanovic, D. (2013). Methodology for Reduction of Ghg Emissions From Municipal Solid. *International Journal for Quality Research* 7(4) 641–652 ISSN, 7(4), 641–652.
- Buil, P., Roger-Loppacher, O., & Tintoré, M. (2019). Creating the habit of recycling in early childhood: A sustainable practice in Spain. *Sustainability (Switzerland)*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/su11226393>
- Campitelli, P. (2014). Compostaje. Obtención de abonos de calidad para las plantas. Editorial Brujas.
- Congreso de la Unión. (2018a). *Ley general del equilibrio ecológico y la protección al*. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf
- Congreso de la Unión. (2018b). *Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos* (p. 53). Diario oficial de la Federación.
- Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. (2020). *Servicio en línea de difusión del Marco Jurídico Estatal vigente*. <http://marcojuridico.morelos.gob.mx/>

- D'Annolfo, R., Gemmill-Herren, B., Amudavi, D., Shiraku, H. W., Piva, M., & Garibaldi, L. A. (2020). The effects of agroecological farming systems on smallholder livelihoods: a case study on push–pull system from Western Kenya. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 0(0), 1–15. <https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1822639>
- Dearing, J. W., & Cox, J. G. (2018). Diffusion of innovations theory, principles, and practice. *Health Affairs*, 37(2), 183–190. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2017.1104>
- Delgado, G. C., Gay, C., Imaz, M., & Martínez, M. A. (2010). *México frente al cambio climático : retos y oportunidades*. Universidad Nacional Autónoma de México. www.clacso.edu.ar
- DiGiacomo, A., Wu, D. W. L., Lenkic, P., Fraser, B., Zhao, J., & Kingstone, A. (2018). Convenience improves composting and recycling rates in high-density residential buildings. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(2), 309–331. <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1305332>
- FAO. (2013). *Food wastage footprint: Impacts on natural resources - Summary report*. <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>
- FAO. (2014). Agroecology for food Security and Nutrition: Proceedings of the FAO International Symposium. In *Agroecology for food Security and Nutrition* (Issue September).
- FAO. (2018). Fortalece México marco legal para evitar las pérdidas y el desperdicio de alimentos. FAO. <http://www.fao.org/mexico/noticias/detail-events/es/c/1127184/>
- Gajalakshmi, S., & Abbasi, S. A. (2008). Solid Waste Management by Composting: State of the Art. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 38(5), 311–400. <https://doi.org/10.1080/10643380701413633>
- Gould, R. K., Ardoin, N. M., Biggar, M., Cravens, A. E., & Wojcik, D. (2016). Environmental Behavior's Dirty Secret: The Prevalence of Waste Management in Discussions of Environmental Concern and Action. *Environmental Management*, 58(2), 268–282. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0710-6>
- Hangyong Ray, L., Xin, Q., & Ali, E. H. (2020). Towards a better environment - the municipal organic waste management in Brisbane: Environmental life cycle and cost perspective. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120756. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120756>
- Hawken, P., Lovins, L. H., & Lovins, A. B. (2010). *Natural Capitalism : The Next Industrial Revolution* (Tenth anni). Routledge. <https://0-eds-a-ebSCOhost-com.biblioteca-ils.tec.mx/eds/detail/detail?vid=6&sid=4c125d64-3025-4e7f-9d06-cf5a8ae4a29e%40sdc-v->

sessmgr01&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=641
130&db=edsebk

- Husaini, I. G., Garg, A., Kim, K. H., Marchant, J., Pollard, S. J. T., & Smith, R. (2007). European household waste management schemes: Their effectiveness and applicability in England. *Resources, Conservation and Recycling*, 51(1), 248–263. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.09.009>
- INECC. (2015). *Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Periodo 2020-2030*. <https://www.gob.mx/inecc/documentos/compromisos-de-mitigacion-y-adaptacion-ante-el-cambio-climatico-para-el-periodo-2020-2030>
- INECC. (2018). Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/>
- IPCC. (2014). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.018>
- Karkanas, C., Perkoulidis, G., & Moussiopoulos, N. (2016). Sustainable Management of Household Biodegradable Waste: Lessons from Home Composting Programmes. *Waste and Biomass Valorization*, 7(4), 659–665. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9517-1>
- Latargère, J. (2019). La participación social en la gestión de los residuos sólidos. *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública*, 12, 37–57. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6980072>
- Lundie, S., & Peters, G. M. (2005). Life cycle assessment of food waste management options. *Journal of Cleaner Production*, 13(3), 275–286. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.020>
- Machado, C. R., & Hettiarachchi, H. (2020). Composting as a Municipal Solid Waste Management Strategy: Lessons Learned from Cajicá, Colombia. In *Organic Waste Composting through Nexus Thinking* (pp. 17–38). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36283-6_2
- Manomaivibool, P., Srivichai, M., Unroj, P., & Dokmaingam, P. (2018). Chiang Rai Zero Waste: Participatory action research to promote source separation in rural areas. *Resources, Conservation and Recycling*, 136(March), 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.002>

- Martin, A. R., & Chen, J. C. (2016). Barriers to sustainability in mature-age adult learners: working toward identity change. *Environmental Education Research*, 22(6), 849–867. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1075192>
- 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(6), 983–994. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.023>
- Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791–812. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>
- National Research Council. (2002). New tools for environmental protection: Education, information, and voluntary measures. National Academies Press.
- O’connell, E. J. (2011). Increasing Public Participation in Municipal Solid Waste Reduction. *The Geographical Bulletin*, 52(2), 105–118.
- OECD. (2020). *Municipal waste, Generation and Treatment*. OECD.Stat. <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MUNW#>
- ONU. (2020). *La Agenda para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Pickering, G. J., Pickering, H. M. G., Northcote, A., & Habermebl, C. (2020). Participation in residential organic waste diversion programs: Motivators and optimizing educational messaging. *Resources, Conservation and Recycling*, 158(May 2019), 104807. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104807>
- Rodríguez, M. A., & Córdova, A. (2006). *Manual de compostaje municipal*. [http://resol.com.br/cartilha5/Manual de Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf](http://resol.com.br/cartilha5/Manual%20de%20Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf)
- Roubalová, R., Procházková, P., Hanč, A., Dvořák, J., & Bilej, M. (2020). Mutual interactions of E. andrei earthworm and pathogens during the process of vermicomposting. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(27), 33429–33437. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04329-5>
- Rueda, I. R., Gómez, A. C., García, J. A., & López, G. (2000). Efectos de contaminantes en suelo por un vertedero a cielo abierto en tabasco effects of pollutants in soil by an open-heavy dump in tabasco. <https://doi.org/10.19136/Jeeos.a4n1.3473>

- SC Department of Health and Environmental Control. (2018). *Composting - Simple Steps for Starting at Home*. <https://scdhec.gov/sites/default/files/Library/OR-1705.pdf>
- Schill, M., Godefroit-Winkel, D., & Hogg, M. K. (2020). Young children's consumer agency: The case of French children and recycling. *Journal of Business Research*, 110(February), 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.030>
- SECOFI. (1987). Norma Mexicana NMX-AA-91-1987. Calidad del suelo terminología. (pp. 1–6). Diario oficial de la Federación.
- Secretaría de Economía. (2007). *NMX-FF-109-SCFI-2007 Humus de lombriz (lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba*. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>
- Secretaría de Economía. (2018). NMX-AA-180-SCFI-2018 Que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos fin.
- SEMARNAT. (2004). NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. In *Diario Oficial de la Federación* (Vol. 6, p. 14). <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/nom-083.pdf>
- SEMARNAT. (2015). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap7_Residuos.pdf
- SEMARNAT. (2017). *Normatividad aplicable al tema de residuos*. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>
- SEMARNAT. (2018a). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Cap7_Residuos.pdf
- SEMARNAT. (2018b). *Retos y perspectivas de la comunicación educativa ambiental en México*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD003099.pdf>
- SEMARNAT. (2020a). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/diagnostico-basico-para-la-gestion-integral-de-los-residuos-2020>

- SEMARNAT. (2020b). PROGRAMA Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024. In *Diario Oficial de la Federación*. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020
- Sherman, R. (2017). *Worms Can Recycle Your Garbage*. NC State Extension. <https://content.ces.ncsu.edu/worms-can-recycle-your-garbage>
- SNIARN. (n.d.). *Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental*. Retrieved November 13, 2020, from https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores19_cd/conjuntob/04_res_solidos/04_res_solidos_esquema.html
- Storino, F., Menéndez, S., Muro, J., Aparicio-Tejo, P. M., & Irigoyen, I. (2017). Effect of Feeding Regime on Composting in Bins. *Compost Science and Utilization*, 25(2), 71–81. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2016.1202794>
- Terranova Lombricultores. (n.d.). *Producción y Venta de Abono Orgánico de Lombricomposta*. Retrieved November 24, 2020, from <https://terranovalombricultores.com/>
- UAEM. (n.d.). *Manejo integral de residuos*. Universidad Autónoma Del Estado de Morelos. Retrieved November 24, 2020, from <https://www.uaem.mx/dgds/manejo-integral-de-residuos/>
- UNEP. (n.d.). *UN environment strategy for environmental education and training*. Retrieved November 28, 2020, from <https://www.unenvironment.org/about-un-environment/policies-and-strategies/un-environment-strategy-environmental-education-and>
- UNESCO. (1992). Environmental education activities for primary schools: suggestions for making and using low-cost equipment - UNESCO Biblioteca Digital. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000096345>
- UNESCO. (2014). *Shaping the future we want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014)*. [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1682Shaping the future we want.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1682Shaping%20the%20future%20we%20want.pdf)
- UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802/PDF/374802eng.pdf.multi>
- Vázquez, M., & Soto, M. (2017). The efficiency of home composting programmes and compost quality. *Waste Management*, 64, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.022>
- Whirlpool Corporation. (2017). *Whirlpool Corporation Debuts New Zera™ Food Recycler*. <https://whirlpoolcorp.com/whirlpool-corporation-debuts-new-zera-food-recycler-on-indiegogo/>

- Wisconsin Department of Natural Resources. (2017). *Home composting*.
<https://dnr.wi.gov/files/pdf/pubs/wa/wa182.pdf>
- Wong, J. W., Surampalli, R. Y., Zhang, T. C., Tyagi, R. D., & Selvam, A. (Eds.). (2016). *Sustainable solid waste management*. American Society of Civil Engineers.
- Zhao, Y. (2018). Leachate Generation and Characteristics. In *Pollution Control Technology for Leachate from Municipal Solid Waste* (pp. 1–30). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815813-5.00001-2>
- Zorpas, A. A., Lasaridi, K., Pociovalisteanu, D. M., & Loizia, P. (2018). Monitoring and evaluation of prevention activities regarding household organics waste from insular communities. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3567–3577. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.155>